

# CONSTRUIRE DES ALLIANCES PUISSANTES

PRIORITÉS ET ORIENTATIONS EN SCIENCES ET EN  
TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES AU CANADA

Rapport du Groupe consultatif  
national sur les sciences et  
technologies relatives à  
l'énergie durable



**Pour obtenir la version imprimée de cette publication, veuillez communiquer avec :**

Bureau de recherche et de développement énergétiques  
Ressources naturelles Canada  
580, rue Booth, 14<sup>e</sup> étage  
Ottawa (Ontario) K1A 0E4

Tél : 613-995-9453

Télééc. : 613-995-6146

Courriel : oerd.brde@rncan.gc.ca

La version électronique de cette publication est offerte en ligne à l'adresse :

<http://www2.rncan.gc.ca/es/oerd>

**Autorisation de reproduction**

Sauf indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en totalité ou en partie et par tout moyen, sans frais et sans autre autorisation de Ressources naturelles Canada, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée dans le but d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, que Ressources naturelles Canada soit identifié comme étant la source de l'information et que la reproduction ne soit pas présentée comme une version officielle de l'information reproduite ni comme ayant été faite en association avec Ressources naturelles Canada ou avec l'approbation de celui-ci.

Les opinions et déclarations contenues dans cette publication n'engagent que leur auteur et ne reflètent pas nécessairement la politique de Ressources naturelles Canada ou du gouvernement du Canada.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2006

No de catalogue : M4-40/2006F

ISBN : 0-662-43412-9

Also available in English under the title *Powerful Connections – Priorities and Directions in Energy Science and Technology in Canada*.

## ► PRÉFACE DU PRÉSIDENT DU GROUPE CONSULTATIF

Monsieur le Ministre Lunn,

Les Canadiens ont raison d'entrevoir l'avenir énergétique de notre pays avec optimisme.

Nous avons la chance de pouvoir compter sur des ressources énergétiques extraordinairement variées et abondantes. Le Canada est un grand producteur, utilisateur et exportateur de marchandises et de produits manufacturés riches en énergie. À long terme, notre capacité à gérer intelligemment l'évolution et l'expansion éventuelle de notre économie énergétique aura une incidence considérable sur la qualité de vie des Canadiens.

Il faut continuer à faire preuve de dynamisme en développant des technologies énergétiques qui nous permettront dans l'avenir d'avoir de véritables options en matière de production, de transformation et, en définitive, d'utilisation de l'énergie; c'est uniquement en agissant de la sorte que nous nous assurerons d'avoir les moyens d'être à l'écoute des conditions économiques en évolution, des enjeux environnementaux et des valeurs et des attentes des Canadiens. C'est sur quoi repose le bien-être futur de notre société.

Dans le présent rapport, nous formulons des recommandations qui mettent en lumière les domaines technologiques dans lesquels le Canada devrait concentrer ses investissements. Nous proposons également différentes approches que le gouvernement pourrait adopter alors qu'il organise les programmes prioritaires et appuie leur prestation. Le rapport s'attarde à définir les meilleures façons de favoriser le développement des technologies transformatrices et de soutenir leur adoption commerciale à grande échelle.

Il est très important d'accroître de façon importante les investissements des secteurs privé et public dans les sciences et technologies énergétiques en créant des programmes qui font ressortir le caractère primordial des engagements à long terme. Les mesures discontinues et à court terme ne réussiront pas à intéresser, à former et à retenir la main-d'œuvre talentueuse et hautement qualifiée sans laquelle nous ne pourrions pas atteindre nos objectifs à venir.

Le Groupe consultatif est d'avis que la prise de mesures claires et immédiates visant à stimuler l'augmentation de nos capacités et activités dans le domaine des sciences et technologies énergétiques permettra au Canada de disposer d'une variété de choix en matière d'énergie et de jouer un rôle de chef de file sur la scène internationale.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Ministre, l'expression de ma considération distinguée.



**A.A. Bruneau**

Président

► **GROUPE CONSULTATIF NATIONAL SUR  
LES SCIENCES ET TECHNOLOGIES  
RELATIVES À L'ÉNERGIE DURABLE**

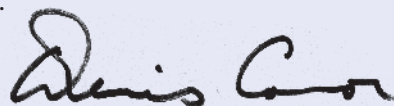
**Angus Bruneau**

(Président du Groupe consultatif national sur  
les sciences et technologies relatives à l'énergie durable),  
président du conseil d'administration, Fortis Inc.



**Denis Connor**

Président du conseil d'administration, QuestAir Technologies Inc.



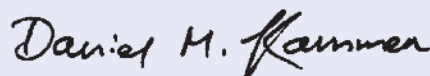
**John C. Fox**

Administrateur délégué, Perseus, LLC



**Daniel Kammen**

Professeur distingué en énergie de 1935, Energy and Resources Group, et codirecteur de  
la Goldman School of Public Policy, Berkeley Institute of the Environment, University  
of California, Berkeley



**David Keith**

Chaire de recherche du Canada en énergie et en environnement,  
Université de Calgary



**Patrick Lamarre**

Président-directeur général, SNC-Lavalin nucléaire inc.



**Jacques G. Martel**

Directeur principal, Institut de recherche d'Hydro-Québec



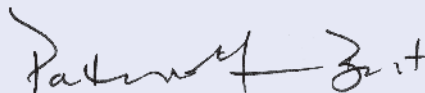
**Ken McCready**

Conseiller principal en matière de politiques,  
Conseil canadien de l'énergie



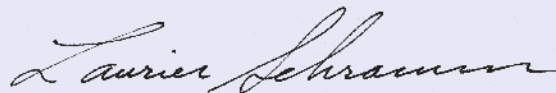
**Patrice Merrin Best**

Présidente-directrice générale, Luscar Ltd.



**Laurier Schramm**

Président-directeur général, Conseil de recherches de la Saskatchewan



## **TABLE DES MATIÈRES**

1. Introduction et sommaire des recommandations clés .....	5
2. Financement des sciences et technologies énergétiques au Canada .....	14
3. Mécanismes de prestation pour les sciences et technologies énergétiques .....	22
4. Établissement des priorités en matière de sciences et technologies énergétiques .....	39
5. Combustibles à base de carbone .....	43
6. Production d'électricité renouvelable et nucléaire .....	55
7. Piles à combustible et hydrogène .....	66
8. Technologies de pointe liées à l'utilisation finale de l'énergie .....	71
Flux énergétique du Canada .....	79
Biographies .....	80



# CHAPITRE 1

## INTRODUCTION ET SOMMAIRE DES RECOMMANDATIONS CLÉS

### INTRODUCTION

**L**e présent rapport est un appel à la mobilisation pour que le Canada déploie des efforts intenses et à long terme en matière de sciences et de technologies énergétiques durables.

L'abondance prodigieuse de ressources énergétiques au Canada est, et demeurera, un élément clé pour la prospérité du pays de même qu'un avantage géopolitique de taille. Cette abondance a toutefois entraîné un relâchement de notre vigilance : elle a masqué d'importantes lacunes qui doivent être comblées ainsi que des possibilités exceptionnelles qui doivent être exploitées afin que les Canadiens tirent le meilleur profit possible de ce potentiel énergétique dans les années à venir. Pour réaliser ces objectifs et préparer notre avenir énergétique, il est essentiel qu'un effort majeur soit accompli en vue de mettre au point de nouvelles technologies énergétiques et d'élaborer de nouvelles méthodes permettant de faciliter le développement et l'application de ces technologies au Canada. C'est grâce à ces technologies que notre pays deviendra l'un des chefs de file mondiaux de la production et de l'utilisation responsable et efficace de l'énergie.

En l'absence de mesures fermes et concertées dans le domaine des sciences et technologies énergétiques, les menaces auxquelles le secteur de l'énergie est confronté pourraient avoir des répercussions majeures sur l'économie canadienne. Tout d'abord, il est probable que l'augmentation des prix de l'énergie soit un phénomène durable. Pour le Canada, un accroissement des prix signifie un accroissement du rendement de la production énergétique mais cela veut également dire que les secteurs énergivores de l'économie, y compris le secteur de l'énergie lui-même, devront supporter des coûts beaucoup plus élevés. Des innovations ayant pour but de réduire le coût de la production d'énergie et d'accroître l'efficacité énergétique pourraient grandement améliorer la compétitivité de l'économie canadienne et offrir des avantages à la population, qui doit également faire face à la montée des prix de l'énergie.

Ensuite, si le Canada ne met pas davantage l'accent sur l'innovation énergétique, il devra de plus en plus se tourner vers des technologies mises au point à l'étranger pour avoir accès à ses propres ressources et devra attendre les percées technologiques effectuées par d'autres pays en ce qui a trait à la production et à l'utilisation de l'énergie. Il est important de souligner que les pays étrangers considéreront beaucoup de nos ressources énergétiques brutes comme des produits présentant une valeur toujours plus grande. Autrement dit, le Canada risque de devenir une économie de succursales dans le secteur de l'énergie, un pays qui est plus reconnu pour ses ressources brutes que pour son ingéniosité. Une intervention ciblée en matière de sciences et de technologies permettra de donner une orientation à notre abondance de ressources, ce qui mènera à l'établissement d'un secteur de l'énergie à forte concentration en expertise qui pourra optimiser les avantages que ces ressources peuvent procurer aux Canadiens et exporter un plus grand nombre de technologies et d'expertises canadiennes dans le reste du monde.

Plus important encore, le secteur canadien de l'énergie provoque une inquiétude grandissante en ce qui a trait aux impacts environnementaux de la production et de l'utilisation de l'énergie. Cette inquiétude doit être prise en compte — en grande partie grâce aux innovations technologiques — à la fois pour protéger l'environnement et pour assurer que le secteur de l'énergie soit compétitif et excelle dans un marché mondial qui fera certainement preuve de plus en plus d'exigence par rapport à la performance environnementale. Les enjeux environnementaux de premier plan comprennent notamment les répercussions de l'industrie énergétique sur la qualité du sol, de l'eau et de l'air et, de façon plus fondamentale, sur les changements climatiques attribuables aux émissions de gaz à effet de serre (GES). Étant donné que la production et l'utilisation de l'énergie sont les principaux participants à la croissance des émissions de GES, le changement climatique est un problème environnemental mondial qui aura une incidence majeure sur le secteur de l'énergie. La réduction des émissions de GES est un défi de longue haleine qui nécessite le développement de technologies énergétiques transformatrices.

Pour assurer la croissance et la viabilité à long terme de l'économie énergétique canadienne, il faut tenir compte de ces enjeux et investir intensivement dans les sciences et technologies énergétiques. Notre pays occupe heureusement une position avantageuse pour entreprendre cette tâche. Les revenus substantiels liés à l'énergie que touchent actuellement l'industrie canadienne et les gouvernements fournissent des ressources financières qui doivent être réinvesties dans le secteur si l'on veut que les avantages à venir soient encore plus importants. En outre, au sein des industries énergétiques existantes, il y a déjà une capacité intellectuelle et industrielle considérable en matière de technologie énergétique. En renforçant cette capacité, il sera possible d'acquérir une expertise de classe mondiale dans les domaines qui présentent des possibilités pour le Canada.



Si les Canadiens investissent dans le système d'innovation énergétique, qu'ils lui portent un intérêt soutenu et qu'ils coordonnent plus efficacement leurs efforts, nous serons non seulement capables de relever ces défis, mais, nous les transformerons en des occasions remarquablement positives. Les initiatives scientifiques et technologiques qui correspondent aux principaux défis affrontés par le secteur de l'énergie permettront au Canada : d'être un promoteur international du développement de technologies énergétiques plus propres et efficaces; d'accroître l'efficacité et la valeur de ses industries énergivores; d'optimiser la production et l'utilisation de son large éventail de ressources énergétiques; d'améliorer les résultats économiques et environnementaux pour la population canadienne. Étant donné notre potentiel, nous nous devons de relever ce défi.

Dans les chapitres qui suivent, le Groupe consultatif passe en revue ce qu'il estime être les principales composantes de base d'un effort majeur de la part du Canada à l'égard des sciences et technologies énergétiques. Plus particulièrement, conformément à son mandat, le Groupe consultatif formule des recommandations concernant les mécanismes de prestation et se penche sur les niveaux de financement qui favoriseront le leadership du Canada dans le domaine des sciences et technologies énergétiques et au sein de l'économie énergétique mondiale. De plus, le Groupe consultatif identifie les domaines qui présentent des avantages pour le Canada, et dans lesquels des mesures concertées des secteurs public et privé en matière de sciences et de technologies donneront au Canada les moyens de préparer son avenir énergétique.

Dans le cadre de ses délibérations, le Groupe consultatif a considéré l'économie énergétique canadienne comme un système interconnecté qui est caractérisé par des transferts et des conversions d'énergie importants, une interdépendance étroite entre les producteurs et les utilisateurs d'énergie et des exportations considérables. Une représentation de ce système figure à la page 79 du présent rapport. En fonction du point de vue adopté par le Groupe consultatif, la présente évaluation jette un éclairage systémique sur les technologies énergétiques et le système d'innovation énergétique. Cette démarche est expliquée en détail au chapitre 3.

Si les Canadiens accueillent favorablement les recommandations émises tout au long du présent rapport, notre pays sera en bonne voie d'identifier les principales possibilités en matière d'énergie et de travailler de façon collective pour les développer, ce qui lui permettra de réaliser son plein potentiel.

## SOMMAIRE DES RECOMMANDATIONS CLÉS

### FINANCEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES AU CANADA

Les recommandations suivantes portent sur le financement et les mécanismes de prestation liés aux sciences et technologies énergétiques. Il est essentiel que des mécanismes de prestation efficaces soient mis en place si l'on veut donner suite aux priorités nationales clés. Pour que les mécanismes soient efficaces, le niveau de financement des activités scientifiques et technologiques relatives à l'énergie doit correspondre au potentiel énergétique du Canada.

#### **Le succès des sciences et technologies énergétiques repose sur un engagement à long terme en matière de financement.**

- Les secteurs public et privé doivent prendre l'engagement à long terme (au moins 10 ans) de se concentrer sur les sciences et technologies énergétiques et de financer celles-ci d'une manière soutenue. Cet engagement est primordial compte tenu des longs délais requis pour intégrer les changements technologiques dans l'économie énergétique et du besoin de former et de retenir le capital humain qui est à la base des innovations énergétiques.

#### **Pour réaliser le potentiel énergétique du Canada, tous les intervenants de l'économie énergétique doivent accroître le financement des sciences et technologies.**

- Comme le rôle de premier plan que le gouvernement fédéral joue dans le financement et la mise en œuvre des sciences et technologies énergétiques va au-delà des profils temporels et de risque des investissements du secteur privé, il devrait au minimum s'efforcer de doubler ses investissements en termes réels dans la recherche et le développement énergétiques au cours des 10 prochaines années.
- Les provinces sont propriétaires des ressources énergétiques du Canada et bénéficient par conséquent du succès des innovations énergétiques. Elles devraient donc être invitées à doubler, et même davantage, au cours des 10 prochaines années les investissements relativement modestes qu'elles réalisent actuellement dans la recherche et le développement énergétiques.
- Le secteur privé est le plus important bailleur de fonds et le premier bénéficiaire des sciences et technologies énergétiques. Il doit accroître son soutien de façon marquée pour que le Canada soit en mesure de profiter des avantages offerts par les produits et

technologies énergétiques à valeur ajoutée fondés sur le savoir. Pour ce faire, le Groupe consultatif recommande que le secteur de l'énergie double son coefficient de recherche et développement par rapport aux revenus afin qu'il soit de 1,5 p. 100 en moyenne d'ici 2016; à long terme, l'objectif serait d'atteindre la moyenne industrielle canadienne, qui est actuellement de 3,8 p. 100.

**Une approche systémique doit être adoptée pour optimiser les avantages des technologies énergétiques et gérer les innovations énergétiques avec efficacité. Cette approche doit être appuyée par les données et les ressources intellectuelles requises pour l'analyse des systèmes énergétiques.**

- ▶ Le Canada doit s'orienter vers le développement de technologies exploitant les synergies qui existent entre ses nombreuses ressources énergétiques s'il souhaite que la population bénéficie d'avantages optimaux. La meilleure façon d'établir ces priorités technologiques consiste à faire appel à une approche systémique pour examiner les liens actuels et éventuels entre les ressources énergétiques et les technologies qui leur sont associées.
- ▶ Le Groupe consultatif recommande également une approche systémique en ce qui a trait au soutien des innovations énergétiques; une telle approche permettrait de reconnaître les liens naturels entre les diverses étapes du processus d'innovation et de considérablement renforcer ces liens par l'entremise des programmes de soutien, ce qui écarterait les obstacles qui entravent actuellement le développement et l'adoption éventuelle de technologies viables sur le plan commercial.
- ▶ Conformément à l'approche systémique, les activités de gestion et de soutien visant les domaines prioritaires en matière de sciences et technologies énergétiques doivent tenir compte des liens entre les domaines technologiques et la nécessité de mettre l'accent sur les buts et objectifs à long terme. Ainsi, les objectifs des programmes fédéraux, et peut-être même les décisions relatives au financement des domaines prioritaires du secteur de l'énergie, devraient être établis par un comité intersectoriel d'experts composé de représentants de l'industrie, du gouvernement et des universités de même que d'autres intervenants, le cas échéant.
- ▶ Dans le cadre d'une approche systémique, le Canada doit développer une capacité de recherche sur les systèmes énergétiques afin de fixer plus efficacement les objectifs scientifiques et technologiques et d'identifier les besoins et les possibilités en ce qui concerne les innovations. Le Groupe consultatif recommande de créer un petit nombre de programmes de recherche en conception de systèmes énergétiques.

- Afin d'améliorer le processus décisionnel global, il est nécessaire de recueillir des données transparentes et fiables au sujet des activités du secteur de l'énergie, y compris en ce qui a trait aux investissements dans les sciences et technologies énergétiques. Le Groupe consultatif recommande donc qu'un groupe indépendant soit chargé de recueillir, de mettre à jour et de rendre disponibles les données historiques et actuelles provenant des secteurs public et privé.

**Des signaux clairs du marché et un soutien accru aux démonstrations sont des aspects clés pour la commercialisation des nouvelles technologies énergétiques.**

- Le Groupe consultatif demande aux gouvernements fédéral et provinciaux de collaborer à l'élaboration de signaux à long terme clairs et cohérents à l'intention du marché afin de tenir compte d'enjeux environnementaux tels que les changements climatiques. Cela permettrait de grandement réduire les risques auxquels l'industrie s'expose en appliquant les technologies environnementales existantes et favoriserait le développement de technologies qui pourraient considérablement diminuer les répercussions environnementales de la production et de l'utilisation de l'énergie dans l'avenir.
- Il est essentiel d'accroître de manière significative les ressources visant à appuyer les projets de démonstration et d'adoption rapide à l'échelle commerciale des nouvelles technologies énergétiques. En ce qui a trait aux technologies novatrices, il pourrait être nécessaire de fournir un appui au-delà du premier projet à échelle commerciale afin d'écartier les risques liés aux investissements dans les technologies peu connues.

**Les gouvernements doivent mettre en œuvre des mécanismes qui encouragent l'industrie de l'énergie à multiplier les innovations.**

- Pour les grandes industries énergétiques axées sur les produits primaires, les gouvernements devraient envisager de recourir à la réglementation ou à des incitatifs financiers pour stimuler le financement de la recherche par le secteur privé de manière à résoudre les problèmes économiques et environnementaux courants et à long terme.
- Le gouvernement fédéral devrait fournir 30 millions de dollars afin d'accroître les investissements du secteur privé dans un fonds canadien de capital de risque fiable, tourné vers l'avenir et axé sur les technologies énergétiques. Cet investissement stratégique devra être renouvelé régulièrement pour appuyer le développement et la croissance soutenus des entreprises canadiennes fondées sur le savoir faisant preuve d'innovation en matière de technologies énergétiques.

- ▶ Le Groupe consultatif est tout à fait favorable aux recommandations du Groupe de travail sur le financement aux premières étapes, une approche qui contribuerait à promouvoir le développement de nouvelles entreprises de technologies énergétiques et à accroître les investissements dans les technologies énergétiques au Canada.

### **L'énergie doit davantage être au centre des préoccupations des laboratoires fédéraux et des initiatives de recherches universitaires.**

- ▶ Les laboratoires de recherche fédéraux sur l'énergie devraient procéder à un examen méthodique de leur mission, de leurs rôles et de leurs objectifs dans le contexte d'une stratégie énergétique fédérale. Ils devraient ensuite être soumis à un examen de leurs activités qui soit réalisé, entre autres possibilités, par des pairs indépendants, ce qui permettrait d'évaluer leur capacité à atteindre leurs buts et objectifs et de mesurer l'efficacité des structures et programmes en place pour ce qui est de l'avancement d'une stratégie énergétique.
- ▶ Des fonds dédiés aux recherches visant à appuyer des objectifs nationaux clés en matière de sciences et technologies énergétiques devraient être mis à la disposition des exécutants œuvrant dans le domaine de la recherche énergétique fondamentale et appliquée. Des fonds publics devraient aussi être orientés vers des avenues de recherche à long terme prometteuses mais conjecturales, y compris :
  - les recherches en sciences des matériaux et en nanotechnologie visant à mettre au point des dispositifs d'alimentation à énergie solaire photovoltaïque à haute efficacité;
  - l'amélioration de la composition chimique et des matériaux employés pour les piles à combustible perfectionnées;
  - les recherches portant sur de nouvelles méthodes de production et de stockage mobile de l'hydrogène;
  - les hydrates de méthane.

### **ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS EN MATIÈRE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES**

L'autre composante clé du mandat du Groupe consultatif est l'établissement des principales priorités en matière de sciences et de technologies relatives à l'énergie durable au Canada. De l'avis du Groupe consultatif, les domaines prioritaires dans les sciences et technologies énergétiques sont ceux pour lesquels un effort ciblé peut à la fois répondre aux besoins des secteurs public et privé en vue d'améliorer sensiblement les avantages offerts aux Canadiens. En outre, le Groupe consultatif tient pour acquis que son mandat à l'égard

de la durabilité signifie qu'il lui faut trouver un équilibre entre les attentes économiques, environnementales et sociales et, si cela s'avère possible, poursuivre ces trois objectifs de front. La première priorité est donnée aux options scientifiques et technologiques qui prennent ces trois objectifs en compte et fournissent au Canada l'occasion de devenir un chef de file mondial dans des domaines choisis de l'innovation énergétique. Les domaines prioritaires ont été identifiés comme suit.

### **Bioénergie**

Le Canada possède de vastes ressources de biomasse résiduelle et est un chef de file dans plusieurs technologies liées à la bioénergie qui pourraient être davantage développées sur les marchés national et international. Outre la biomasse résiduelle, des analyses documentées du cycle de vie devraient être effectuées afin d'étudier les avantages économiques et environnementaux de différentes matières premières d'alimentation et de différentes options technologiques.

### **Gazéification**

Compte tenu de ses ressources fondamentales, le Canada devrait accorder la priorité à l'acquisition d'une expertise de renommée mondiale en matière de gazéification des combustibles à base de carbone, y compris la biomasse. Si elles sont combinées à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub>, ces technologies réduiront aussi considérablement l'incidence environnementale de l'industrie des combustibles fossiles.

### **Capture et stockage du CO<sub>2</sub>**

Le Canada a la chance de bénéficier de conditions géologiques favorables au stockage de grandes quantités de CO<sub>2</sub> à proximité des gisements de combustibles fossiles de l'Ouest canadien. Par conséquent, il y a une possibilité de développer des technologies de capture et de stockage du CO<sub>2</sub> pour améliorer la durabilité écologique de ces ressources importantes. La capture et le stockage devraient être étroitement liés à la participation du gouvernement dans une initiative de gazéification des combustibles fossiles.

### **Transport, distribution et stockage de l'électricité**

Le Groupe consultatif est d'avis que pour faire le meilleur usage de ses abondantes ressources productrices d'électricité, le Canada devra s'attacher à développer et à adopter des technologies qui optimisent le transport, la distribution et le stockage de l'électricité. Il faudra tenir compte de certains défis propres au Canada qui sont issus d'une combinaison d'enjeux se rapportant notamment aux infrastructures, à l'intermittence des sources renouvelables, à l'incidence du climat et aux attentes accrues à l'égard de la

qualité de l'électricité. Cela permettrait d'améliorer les avantages découlant des ressources électriques existantes et d'augmenter de façon importante les points d'accès sur le réseau pour diverses options énergétiques en développement. Il s'agit d'un domaine technologique d'importance dans lequel le Canada peut mettre à profit un solide bassin d'expertise. Un facteur clé de réussite sera une coopération et une coordination plus étroites entre les provinces et le gouvernement fédéral en matière de planification, de recherche et développement et d'adoption de technologies de transport, de distribution et de stockage de l'électricité.

### **Piles à combustible**

Sur la scène internationale, le Canada occupe le premier rang en ce qui concerne de nombreuses technologies liées aux piles à combustible, en grande partie grâce à une expertise de grande qualité émanant d'un réseau d'entreprises et d'institutions fort, fécond et novateur. Il est essentiel de conserver et de solidifier cette position de chef de file dans un secteur fondé sur le savoir si l'on veut mettre à profit ce marché de plus en plus compétitif et en pleine croissance.

### **Sciences sociales appliquées**


Il existe souvent de nombreux obstacles au développement et à l'adoption de technologies d'utilisation finale novatrices, et les obstacles sociaux sont fréquemment aussi impérieux que les obstacles techniques et économiques. Il serait utile d'avoir une meilleure compréhension de ces enjeux sociaux afin d'accroître la probabilité que de nouvelles technologies énergétiques soient mises en œuvre, d'orienter le processus d'élaboration de politiques et d'améliorer la prestation des programmes de sciences et technologies énergétiques. Le Groupe consultatif recommande de lancer un vaste programme de recherche en sciences sociales appliquées visant à approfondir les connaissances relatives aux décisions des particuliers et des organismes en ce qui a trait à l'achat de technologies énergétiques d'utilisation finale et aux schémas d'utilisation subséquents de ces technologies.

### **Autres recommandations**

En plus d'identifier un petit groupe de domaines prioritaires clés, le Groupe consultatif a présenté d'importantes observations concernant plusieurs des autres domaines technologiques qu'il a examinés lors de ses délibérations. Les discussions et les recommandations se rapportant à chaque domaine technologique figurent dans le corps du texte du présent rapport.

# CHAPITRE 2

## FINANCEMENT DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES AU CANADA



**L**e Groupe consultatif fait valoir que le premier pas que le Canada doit faire pour devenir un chef de file mondial en matière d'énergie est de prendre un engagement à long terme à l'égard d'un accroissement du financement des sciences et technologies énergétiques de la part de tous les intervenants de l'économie énergétique canadienne.



## L'IMPORTANCE D'UN ENGAGEMENT À LONG TERME EN MATIÈRE DE FINANCEMENT

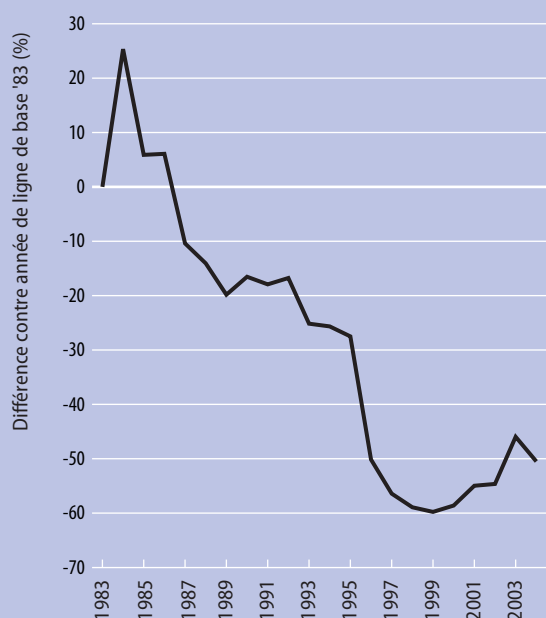


**RECOMMANDATION :** Les secteurs public et privé doivent prendre l'engagement à long terme (au moins 10 ans) de se concentrer sur les sciences et technologies énergétiques et de financer celles-ci d'une manière soutenue. Cet engagement est primordial compte tenu des longs délais requis pour intégrer les changements technologiques dans l'économie énergétique et du besoin de former et de retenir le capital humain qui est à la base des innovations énergétiques.

Pour devenir un chef de file des sciences et technologies énergétiques, le Canada devra former et retenir une masse critique de chercheurs et d'autres travailleurs hautement spécialisés. Pour que cela soit possible, il faudra que ces travailleurs puissent raisonnablement s'attendre à ce que les ressources dont ils ont besoin pour seconder leurs efforts continuent à être mises à leur disposition tout au long de leur carrière. En outre, il est souvent long et ardu d'amener sur le marché une idée qui semble prometteuse en laboratoire. Même lorsqu'une technologie viable sur le plan commerciale existe déjà, son adaptation et son adoption à grande échelle sur le marché peuvent prendre des dizaines d'années. Cela est particulièrement vrai lorsqu'une technologie remplace une infrastructure énergétique utilisée depuis longtemps.

Ces réalités illustrent qu'il est nécessaire de faire preuve d'un engagement soutenu à l'endroit des sciences et technologies énergétiques pendant des périodes considérablement plus longues qu'un mandat électoral. Par le passé, les investissements dans les sciences et technologies énergétiques ont subi de larges fluctuations; par exemple, il y a eu une baisse prononcée des subventions fédérales au cours des 25 dernières années (voir la figure 1) malgré le rôle extrêmement important que l'énergie n'a jamais cessé de jouer dans l'économie canadienne. Il est

**FIGURE 1.**  
Investissement fédéral en R&D énergétiques

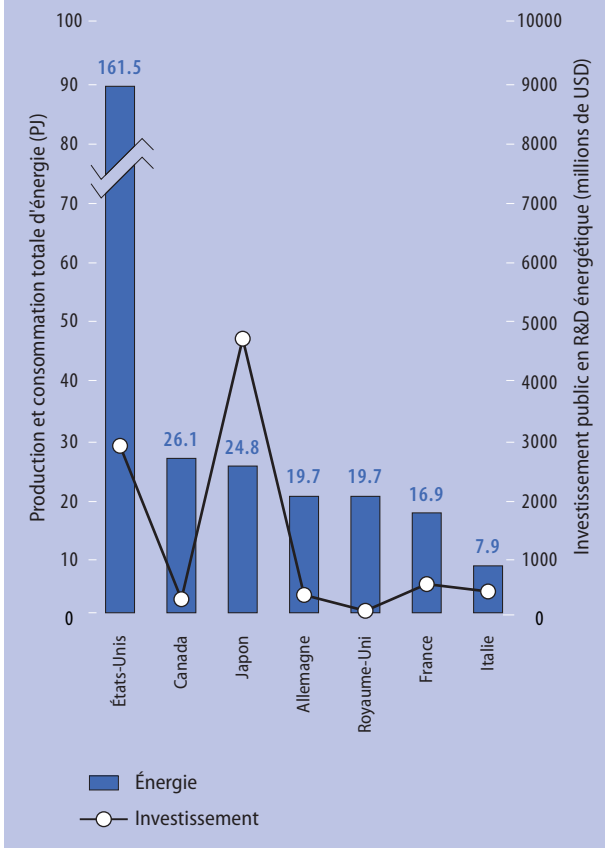


manifeste que la situation doit changer afin que le Canada soit en mesure de réaliser son potentiel énergétique. Les gouvernements et le secteur privé devront fermement s’engager à financer à long terme les projets nationaux scientifiques et technologiques relatifs à l’énergie pour que notre pays devienne un chef de file mondial en matière d’énergie.

### L’IMPORTANCE D’UN FINANCEMENT ACCRU POUR LES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES

**FIGURE 2.**

Comparaison de la production et de la consommation d’énergie ainsi que de l’investissement public en R&D énergétiques entre les pays du G7 – 2003.



En plus d’un engagement à long terme, le Canada doit augmenter ses investissements dans les sciences et technologies énergétiques de façon marquée pour devenir un chef de file de l’économie énergétique mondiale. Par rapport à d’autres pays développés, le secteur de l’énergie occupe une place importante dans l’économie canadienne, comme le démontrent les statistiques concernant la production et la consommation totales d’énergie. Tel que cela est indiqué à la figure 2, parmi tous les pays du G7, seuls les États-Unis produisent et consomment davantage d’énergie que le Canada. Cette situation découle de l’abondance de ressources énergétiques au Canada, ressources qui alimentent les industries énergivores et qui existent en outre en quantités suffisantes pour permettre des exportations d’énergie considérables. Au total, les investissements du secteur public canadien dans les initiatives de recherche et développement liées à l’énergie accusent cependant un certain écart par rapport aux niveaux d’investissement enregistrés au Japon, aux États-Unis, en France et en Allemagne. Par conséquent, ces pays font des percées dans certains secteurs et obtiennent un avantage technologique qui pourrait être un atout dans les futurs marchés énergétiques.

Le Canada doit reconnaître la valeur à long terme des investissements dans les sciences et technologies énergétiques. Les investissements actuels ne représentent qu'une mince fraction des énormes revenus que les secteurs privé et public réalisent grâce au développement et à l'utilisation des ressources énergétiques nationales. Le Groupe consultatif estime donc qu'il est possible et nécessaire de réinvestir une plus grande partie des revenus générés par l'énergie dans les sciences et technologies énergétiques et que cette approche entraînera des retombées très positives dans l'avenir. Ces investissements doivent provenir des gouvernements fédéral et provinciaux et, plus important encore, du secteur privé.



**RECOMMANDATION** : Comme le rôle de premier plan que le gouvernement fédéral joue dans le financement et la mise en œuvre des sciences et technologies énergétiques va au-delà des profils temporel et de risque des investissements du secteur privé, il devrait au minimum s'efforcer de doubler ses investissements en termes réels dans la recherche et le développement énergétiques au cours des 10 prochaines années.

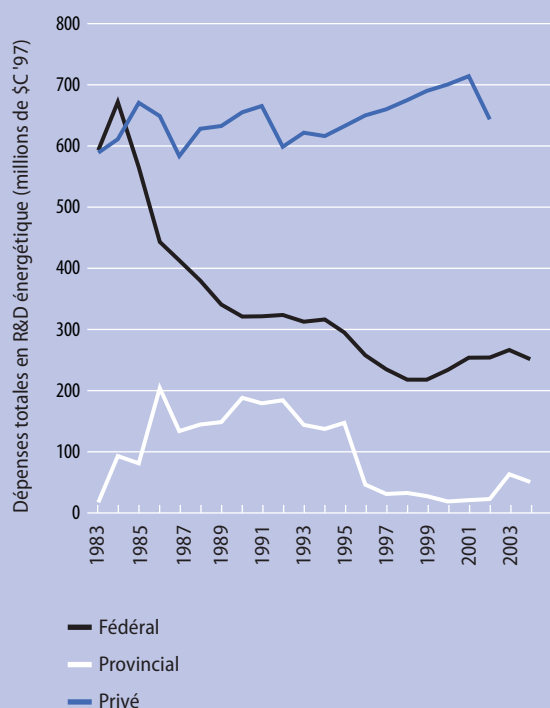
Si le Canada veut devenir un chef de file mondial en matière de production et d'utilisation d'énergie durable, le gouvernement fédéral doit accroître ses investissements dans le but de favoriser la recherche et l'innovation à long terme, ce qui n'est habituellement pas à la portée du secteur privé. Malgré les possibilités et les défis de plus en plus vastes associés à une économie énergétique canadienne en pleine croissance, les investissements du gouvernement fédéral dans la recherche et le développement énergétiques représentent moins de 40 p. 100 des sommes qui étaient en jeu au début des années 1980, une période record pour les investissements. Dans l'ensemble, le Groupe consultatif est d'avis que les gouvernements doivent accroître leurs investissements de manière appréciable. Le Groupe suggère d'au moins doubler le niveau d'investissement au cours des 10 prochaines années. Cet accroissement devrait se faire à un rythme qui tient compte de la capacité du Canada à utiliser de tels fonds efficacement. Le gouvernement fédéral pourra ainsi mettre son expérience à profit et renforcer progressivement la capacité du système d'innovation énergétique canadien. En multipliant de façon importante les activités relatives aux sciences et technologies énergétiques, le gouvernement fédéral adresserait également aux provinces et au secteur privé le message important que tous les intervenants doivent fournir un effort plus intensif.

**RECOMMANDATION** : Les provinces sont propriétaires des ressources énergétiques du Canada et bénéficient par conséquent du succès des innovations énergétiques. Elles devraient donc être invitées à doubler, et même davantage, au cours des 10 prochaines années les investissements relativement modestes qu'elles réalisent actuellement dans la recherche et le développement énergétiques.

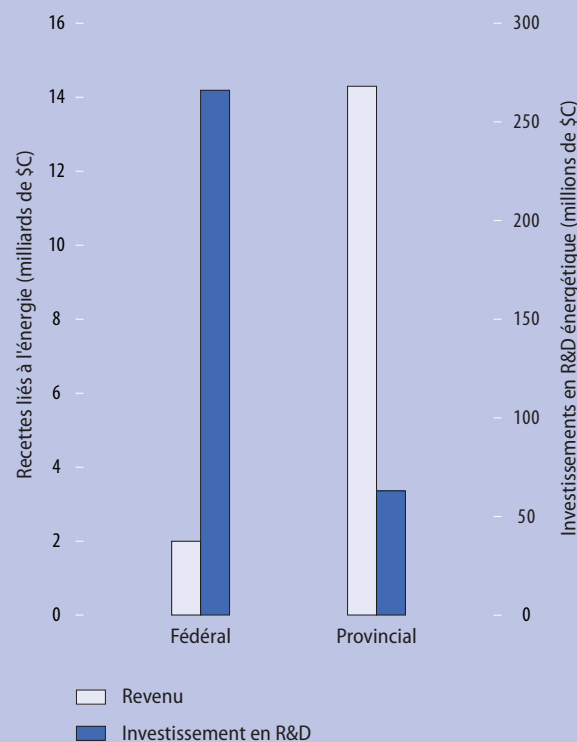
Les provinces sont propriétaires de la plupart des ressources énergétiques du Canada et les industries énergivores jouent un rôle de premier plan dans l'économie de nombreuses provinces. Par conséquent, les gouvernements provinciaux profitent des retombées économiques des nouvelles technologies énergétiques qui font leurs preuves. Ils ont aussi la responsabilité d'assurer la bonne intendance de leurs ressources énergétiques et de l'environnement, un objectif dont les technologies énergétiques facilitent la réalisation. Au total, les provinces dépensent actuellement environ 50 millions de dollars par année pour la recherche et le développement en matière d'énergie (voir la figure 3), ce qui représente approximativement 20 p. 100 de l'investissement fédéral et seulement une petite fraction des revenus provinciaux provenant des secteurs liés à l'énergie (voir la figure 4). Ces chiffres représentent l'argument irréfutable qui démontre que les provinces doivent accroître leurs investissements dans la recherche et le développement énergétiques dans une proportion sensiblement plus élevée que ceux du gouvernement fédéral.

**RECOMMANDATION** : Le secteur privé est le plus important bailleur de fonds et le premier bénéficiaire des sciences et technologies énergétiques. Il doit accroître son soutien de façon marquée pour que le Canada soit en mesure de profiter des avantages offerts par les produits et technologies énergétiques à valeur ajoutée fondés sur le savoir. Pour ce faire, le Groupe consultatif recommande que le secteur de l'énergie double son coefficient de recherche et développement par rapport aux revenus afin qu'il soit de 1,5 p. 100 en moyenne d'ici 2016; à long terme, l'objectif serait d'atteindre la moyenne industrielle canadienne, qui est actuellement de 3,8 p. 100.

**FIGURE 3.**  
Historique du financement de la R&D énergétiques au Canada



**FIGURE 4.**  
Investissements en R&D et recettes liés à l'énergie – 2003

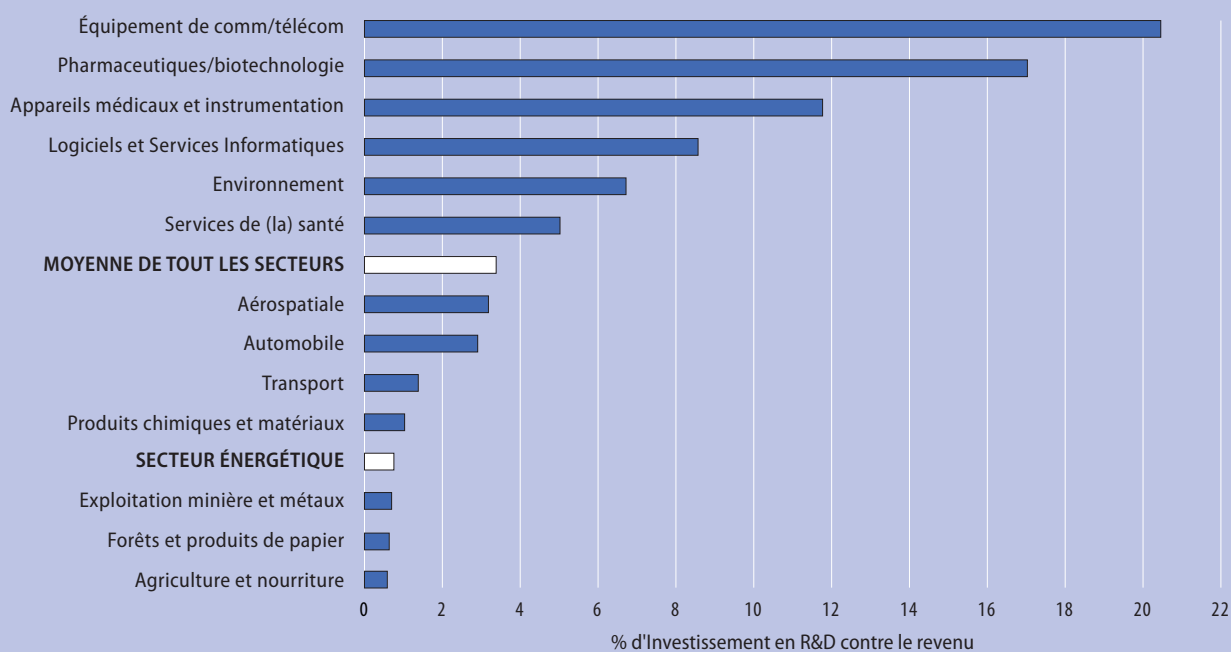


Pour que le Canada puisse exploiter son potentiel énergétique, l'industrie de l'énergie devra jouer un rôle de chef de file sur les plans financier et intellectuel et l'accent devra être mis sur des résultats à valeur ajoutée et axés sur le savoir. Bien que les gouvernements soient en mesure de stimuler la recherche et le développement énergétiques, c'est à l'industrie de l'énergie de faire preuve de leadership dans le cadre de l'effort national visant à faire du Canada un chef de file mondial de l'énergie. Le secteur privé est dans une position privilégiée pour orienter et financer le développement de nouvelles technologies énergétiques qui répondront aux besoins des producteurs et des utilisateurs d'énergie. Il pourrait également profiter d'avantages directs si le Canada réalise son potentiel énergétique. Sans la participation active de l'industrie de l'énergie, l'accroissement du financement gouvernemental pour la recherche et le développement énergétiques aura peu d'incidence.

L'industrie est le plus important investisseur en matière de recherche et de développement énergétiques au Canada; elle dépense plus de 700 millions de dollars par année dans ce domaine. Le Groupe consultatif constate néanmoins que dans l'ensemble, les dépenses du secteur privé en recherche et en développement ne représentent que 0,75 p. 100 des revenus qu'il tire de l'énergie, soit moins d'un cinquième de la moyenne industrielle canadienne de 3,8 p. 100 (voir la figure 5). Comme plus de 200 millions de dollars sont investis dans la recherche et le développement par l'industrie naissante des piles à combustible, dont les revenus sont encore relativement modestes, il est manifeste que les principaux secteurs de l'industrie de l'énergie consacrent un pourcentage de leurs revenus bien en deçà de la moyenne à la recherche et au développement énergétiques.

**FIGURE 5.**

Intensité des dépenses en R&D du secteur privé – 2003



Il semble acquis et fondé de dire que les recherches de faible intensité sont dans la nature du secteur de l'énergie car sa production finale est plus souvent composée d'éléments utiles que de nouveaux produits « axés sur le savoir » nécessitant des activités intensives de recherche et de développement. De plus, la plupart des innovations requises pour améliorer les aspects économiques et environnementaux de la production et de l'utilisation de l'énergie sont intégrées dans l'équipement acheté par les producteurs et utilisateurs d'énergie. Ces innovations réalisées par une tierce partie ne figurent pas dans les statistiques relatives à la recherche et au développement énergétiques. La majorité du nouvel équipement actuellement utilisé au Canada est développé par des fournisseurs étrangers.

Il est nécessaire de changer de vision pour exploiter le potentiel qui s'offre à nous. En décuplant ses efforts, l'industrie canadienne peut développer des technologies et acquérir de l'expertise dans le but d'accroître la valeur des ressources énergétiques nationales et, parallèlement, de réduire les répercussions sur l'environnement et les coûts de production. En outre, en ce qui a trait aux innovations énergétiques, seule une nouvelle approche reposant sur le savoir peut aider le Canada à faire preuve de compétitivité afin de répondre à la demande mondiale croissante pour des technologies énergétiques plus efficaces et respectueuses de l'environnement, ce qui permettra aux Canadiens de profiter d'un maximum d'avantages à long terme.

Afin de réaliser ces objectifs, le secteur privé doit accepter d'employer bien davantage de ressources que ce qu'il fournit actuellement. S'il doublerait ses investissements dans la recherche et le développement pour les faire passer à 1,5 p. 100 de ses revenus d'ici 2016, pour éventuellement atteindre la moyenne industrielle canadienne, cela constituerait une réponse appropriée compte tenu de la taille du défi. Dans le cadre de cet effort, les multinationales œuvrant dans le secteur de l'énergie doivent être encouragées à exécuter et à implanter davantage de leurs activités de recherche au Canada. Dans d'autres secteurs prioritaires, les ordres de gouvernements au Canada ont collaboré de manière proactive avec des multinationales afin d'amener d'importants centres d'expertise au pays; il devrait en être de même avec l'énergie. La participation financière du secteur privé doit être accompagnée d'un engagement plus fort à l'égard des investissements dans les ressources humaines liées à la recherche et au développement énergétiques. Cela permettra de renforcer au sein de l'industrie la compréhension des nouvelles technologies et la demande pour ces dernières. Cela permettra aussi par la suite d'orienter et de soutenir la création d'un système d'innovation énergétique canadien beaucoup plus solide.

# CHAPITRE

# 3

## MÉCANISMES DE PRESTATION POUR LES SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES

Il est absolument nécessaire d'accroître le niveau d'investissement dans les sciences et technologies énergétiques pour que le Canada devienne un chef de file mondial en matière d'énergie mais cela ne suffira pas à garantir le succès. Il faut refondre le système d'innovation énergétique afin d'en bâtir un nouveau qui identifie les priorités stratégiques relatives aux sciences et technologies énergétiques dans lesquelles le Canada pourrait et devrait être un chef de file, et le nouveau système doit faire en sorte que les investissements soient dirigés vers ces priorités. Le Groupe consultatif énumère les domaines prioritaires dans les chapitres suivants du présent rapport.

Pour que le Canada obtienne du succès dans ces domaines prioritaires, les mécanismes de financement et de prestation des sciences et technologies énergétiques doivent être réexaminés dans le but d'assurer qu'ils viennent faciliter la réalisation des objectifs nationaux clés. Dans le présent chapitre, le Groupe consultatif propose ses recommandations à propos du processus de restructuration et d'amélioration du système d'innovation énergétique canadien. Le Groupe offre d'abord des recommandations générales applicables à toutes les technologies et à l'ensemble du processus d'innovation, puis formule des recommandations particulières aux différentes étapes de l'innovation.

Ces recommandations visent à faciliter l'établissement des priorités et à accroître la capacité à respecter ces priorités tout en offrant aux Canadiens de meilleures avenues de collaboration en matière de sciences et technologies énergétiques. Le Groupe consultatif adopte toutefois comme hypothèse que le Canada possède le capital humain nécessaire pour concrétiser ces recommandations. Tel que cela est mentionné au chapitre 2, il faudra que le Canada puisse compter sur des ingénieurs, des scientifiques et des gens de métier hautement spécialisés pour devenir un chef de file de l'énergie. Par conséquent, la formation et la conservation du capital humain doivent être considérées comme des composantes clés de toute initiative liée aux sciences et technologies énergétiques.



## MÉCANISMES POUR ACCOMPAGNER LE PROCESSUS D'INNOVATION – LA NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE SYSTÉMIQUE EN MATIÈRE DE TECHNOLOGIE ET D'INNOVATION ÉNERGÉTIQUES



**RECOMMANDATION :** Le Canada doit s'orienter vers le développement de technologies exploitant les synergies qui existent entre ses nombreuses ressources énergétiques s'il souhaite que la population bénéficie d'avantages optimaux. La meilleure façon d'établir ces priorités technologiques consiste à faire appel à une approche systémique pour examiner les liens actuels et éventuels entre les ressources énergétiques et les technologies qui leur sont associées.

En général, la mise en place d'une approche systémique nécessite l'établissement d'objectifs pour le système et la recherche de moyens de réaliser ces objectifs en tirant parti des synergies éventuelles entre les éléments du système ou en utilisant de nouvelles solutions pour surmonter les obstacles existants. Dans le secteur de l'énergie, il arrive trop souvent que l'on s'attarde à des ressources énergétiques données et aux technologies qui leur sont connexes, et ce séparément les unes des autres, sans adopter une vision systémique du problème. Une approche systémique permettrait d'identifier rapidement les technologies énergétiques qui pourraient être développées afin d'optimiser les avantages dont le Canada profite par l'intermédiaire de son éventail varié de ressources énergétiques, de vecteurs énergétiques et d'utilisations finales de l'énergie.

Voici un exemple relativement simple : l'approche systémique en matière de technologie énergétique peut être appliquée au réseau électrique. Les sources de production d'électricité d'une région peuvent comprendre des barrages hydroélectriques, des centrales nucléaires, des centrales à charbon et des éoliennes, et chacun de ces types d'installations présente des caractéristiques particulières en tant que source d'approvisionnement. Le Groupe consultatif reconnaît qu'une judicieuse utilisation combinée de ces sources pourrait suppléer aux lacunes propres à chaque source, ce qui accroîtrait la fiabilité de l'approvisionnement en électricité ainsi que la valeur des actifs producteurs d'électricité dans leur ensemble. Au sein d'un tel système, une priorité technologique clé pourrait être le développement de technologies de contrôle employant des combinaisons optimales de sources d'électricité dans le réseau. Plus loin dans le présent rapport, le Groupe consultatif applique une telle approche systémique pour regrouper des technologies énergétiques et identifier les priorités clés en matière de sciences et de technologies pour toute l'économie énergétique.

**RECOMMANDATION :** Le Groupe consultatif recommande également une approche systémique en ce qui a trait au soutien des innovations énergétiques; une telle approche permettrait de reconnaître les liens naturels entre les diverses étapes du processus d'innovation et de considérablement renforcer ces liens par l'entremise des programmes de soutien, de façon à écarter les obstacles qui entravent actuellement le développement et l'adoption éventuelle de technologies viables sur le plan commercial.

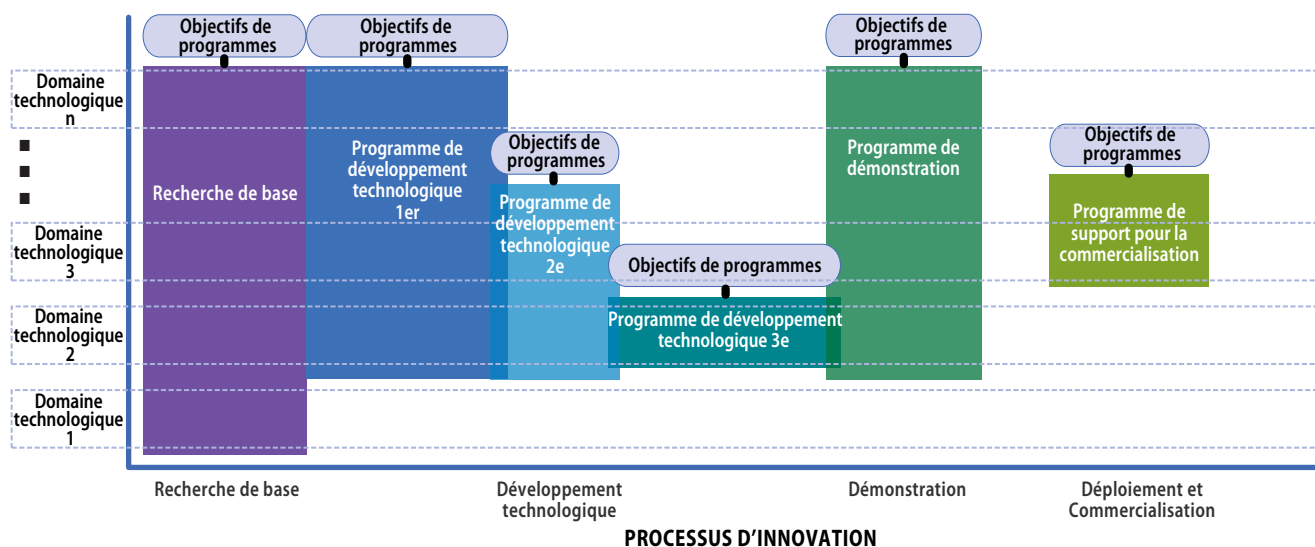
L'efficacité des innovations repose sur le partage continu d'idées et d'enjeux entre les intervenants qui œuvrent aux différentes phases du développement des technologies et sur l'établissement d'objectifs communs servant de moteur aux activités mises en œuvre à chaque phase. L'application d'une approche systémique aux innovations énergétiques permet aux concepteurs de technologies d'avoir accès aux meilleures connaissances scientifiques et de promouvoir l'acquisition de telles connaissances dans le but de créer des technologies qui répondent à des besoins réels. L'approche systémique fait aussi en sorte que les individus impliqués dans les différentes étapes du développement des technologies collaborent afin d'identifier et de surmonter les obstacles clés pouvant empêcher des connaissances scientifiques utiles d'être transformées en technologies efficaces. Par conséquent, pour jouer un rôle de chef de file dans les sciences et technologies énergétiques, le Canada devra rationaliser son système d'innovation énergétique.

**RECOMMANDATION :** Conformément à l'approche systémique, les activités de gestion et de soutien visant les domaines prioritaires en matière de sciences et technologies énergétiques doivent tenir compte des liens entre les domaines technologiques et la nécessité de mettre l'accent sur les buts et objectifs à long terme. Ainsi, les objectifs des programmes fédéraux, et peut-être même les décisions relatives au financement des domaines prioritaires du secteur de l'énergie, devraient être établis par un comité intersectoriel d'experts composé de représentants de l'industrie, du gouvernement et des universités de même que d'autres intervenants, le cas échéant.

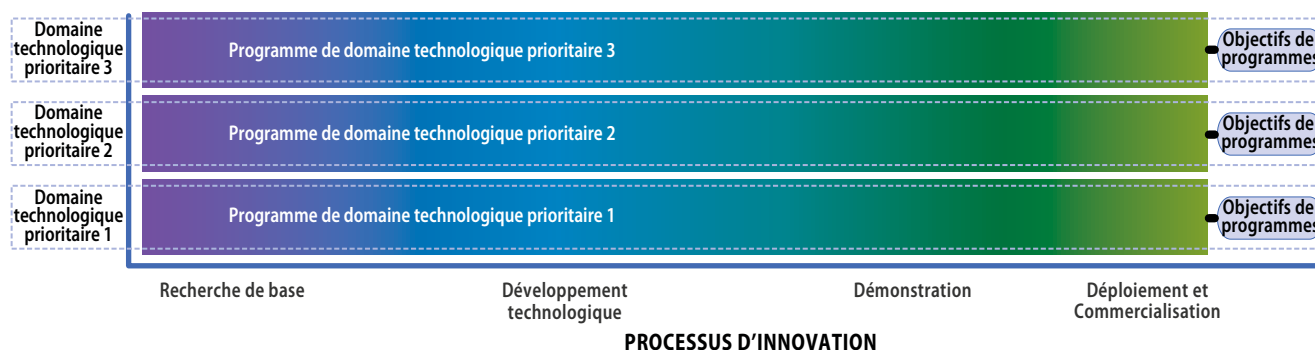
Afin que des liens solides soient créés entre les phases d'innovation de chacun des domaines technologiques prioritaires identifiés, les investissements et les activités doivent être gérés uniformément tout au long du processus d'innovation. La figure 6 présente une représentation visuelle de l'approche recommandée par le Groupe consultatif comparée au mode d'opération actuel.

**FIGURE 6.**  
Structures de programme de S&T énergétiques existantes et proposées

**STRUCTURES DE PROGRAMME EXISTANTES**



**STRUCTURES DE PROGRAMME PROPOSÉES**



Dans le cadre de la gestion des programmes fédéraux, les équipes du gouvernement fédéral devraient avoir la responsabilité de comprendre les enjeux propres à chaque domaine technologique de l'ensemble du processus d'innovation, de la recherche à la commercialisation. Chaque équipe devrait se voir conférer l'autorité de diriger des ressources vers des enjeux prioritaires lors de toute phase du développement technologique. D'un point de vue idéal, le mandat de telles équipes devrait être axé sur les besoins des innovateurs et ne pas être entravé ou compliqué par les mandats ministériels conventionnels.

Les objectifs et peut-être même les décisions de financement guidant les activités dans un domaine technologique donné ne seraient pas uniquement la responsabilité du gouvernement fédéral; un petit comité composé d'experts industriels, gouvernementaux et universitaires et, le cas échéant d'autres intervenants, pourraient apporter une contribution. La formation d'un tel comité assurerait un certain équilibre entre les initiatives à court et à long terme. Un des rôles clés du comité serait de mieux aligner les investissements et les objectifs des gouvernements fédéral et provinciaux et du secteur privé en matière de sciences et de technologies. Cela accroîtrait la probabilité que les objectifs scientifiques et technologiques soient atteints dans les domaines prioritaires.

Essentiellement, cette approche constitue le prolongement logique du processus de planification technologique. Les initiatives de planification réunissent les intervenants clés d'un domaine et leur permettent de définir les objectifs et les enjeux de première importance. Il est néanmoins difficile d'intégrer les visions provenant des activités de planification à une structure qui ne bénéficie pas d'une gestion spécifiquement technologique. Une approche systémique appliquée aux domaines technologiques prioritaires de l'ensemble du processus d'innovation ajouterait à l'établissement d'objectifs les structures et les ressources nécessaires pour produire des résultats tangibles.

L'approche systémique permettrait en outre de remédier à plusieurs problèmes relatifs au financement et à la gestion des technologies énergétiques, dont les deux plus importants sont présentés ci-dessous.

***La multitude de programmes et d'organismes liés aux sciences et technologies énergétiques.***

L'existence d'un nombre trop élevé de sources de financement émanant de trop nombreux organismes sème une confusion considérable et entraîne des frais indirects pour les demandeurs de financement. De plus, beaucoup d'intervenants fédéraux œuvrent dans certains domaines des technologies énergétiques sans que soit défini le groupe ou ministère responsable. Cela fait en sorte que les agents de prestation des sciences et technologies des secteurs privé et public ont de la difficulté à identifier un point de service pour le financement de projets intéressants au sein du système fédéral. Le gouvernement devrait se fixer comme objectif de créer un guichet unique pour répondre à ce besoin. Les efforts déployés par les représentants du gouvernement afin de coordonner les activités de nombreux ministères et organismes méritent des éloges; toutefois, la mesure définitive de la réussite n'est pas la coordination interministérielle mais le développement et la commercialisation des technologies énergétiques. Les provinces gèrent aussi des programmes de recherche et de financement dans différents domaines technologiques qui sont indépendants des

programmes fédéraux, ce qui rend la situation de financement encore plus complexe. Un bon exemple de la surabondance d'intervenants est le Comité de coordination des piles à hydrogène et à combustible, dans lequel plus de 30 groupes du gouvernement fédéral participent à divers degrés au développement de piles à hydrogène.

*Les programmes qui se concentrent sur des créneaux précis du processus d'innovation plutôt que sur des objectifs technologiques donnés.*

Actuellement, des programmes individuels abordent fréquemment la gamme complète des technologies énergétiques mais ciblent des aspects précis du processus d'innovation, comme la recherche fondamentale, le développement de produits ou la démonstration, dont les limites sont difficiles à établir. Cette approche entraîne un chevauchement des mandats des programmes et sème la confusion chez les demandeurs de financement. En outre, les bailleurs de fonds ne sont pas tenus d'examiner l'interconnexion des enjeux propres aux différentes phases de développement des technologies. Cela nuit à l'établissement conjoint des priorités par les personnes qui participent aux différents aspects du développement des technologies. De plus, cette approche ne garantit pas réellement qu'au moment où une technologie aura terminé une phase de son développement, elle trouvera preneur au sein d'un programme gouvernemental ou auprès d'un destinataire du secteur privé pour la prochaine phase. Le Groupe consultatif a établi que ce manque de destinataires constituait un facteur important qui limitait le succès commercial des nouvelles technologies énergétiques.

Trois autres points doivent être pris en compte. Premièrement, il est probable que du côté commercial du processus d'innovation, les enjeux importants portent moins sur des préoccupations propres à la technologie et davantage sur la commercialisation et la prospection de clientèle. Cela donne à penser que l'approche systémique devrait permettre un changement d'orientation lorsqu'une technologie atteint la phase de la commercialisation. Deuxièmement, un portefeuille équilibré devrait consacrer un certain financement lié aux sciences et technologies à des activités ne faisant partie des domaines prioritaires clés afin d'assurer le maintien de la capacité à réorienter les ressources si d'autres domaines s'avèrent plus prometteurs avec le temps et à demeurer réceptif aux nouveaux défis et aux priorités à l'échelle régionale. Troisièmement, le Groupe consultatif reconnaît que beaucoup de programmes existants ont connu un certain succès dans leur sphère d'influence et qu'il faudrait déployer des efforts de taille pour restructurer les programmes fédéraux actuels afin qu'ils correspondent aux recommandations présentées ici. Le Groupe estime néanmoins que les avantages de l'approche qu'il préconise seraient suffisamment appréciables pour justifier une transition vers des programmes axés sur le système et orientés vers les objectifs qui couvriraient l'ensemble du processus d'innovation.

À court terme, le Groupe favorise les efforts visant à mieux intégrer les programmes fédéraux existants aux orientations systémiques décrites dans le présent rapport afin d'identifier les améliorations qui pourraient être apportées aux programmes existants et de contribuer au développement de futures initiatives scientifiques et technologiques conformes à l'approche systémique.

En tenant compte des réserves susmentionnées, le Groupe consultatif est d'avis que l'approche systémique proposée pour le financement et la gestion des technologies énergétiques présenterait beaucoup plus d'avantages que le maintien du *statu quo*.

► **RECOMMANDATION** : Dans le cadre d'une approche systémique, le Canada doit développer une capacité de recherche sur les systèmes énergétiques afin de fixer plus efficacement les objectifs scientifiques et technologiques et d'identifier les besoins et les possibilités en ce qui concerne les innovations. Le Groupe consultatif recommande de créer à cette fin un petit nombre de programmes de recherche en conception de systèmes énergétiques.

Le mandat de ces programmes universitaires devrait viser à :

- identifier des avenues prometteuses en ce qui a trait aux recherches fondamentales et appliquées novatrices pouvant mener à la découverte de nouvelles technologies;
- analyser divers systèmes énergétiques afin d'en dégager les aspects liés à la technologie et à la politique publique et évaluer la performance technique, économique, sociale et environnementale des technologies énergétiques;
- identifier les problèmes qui empêchent les systèmes énergétiques de réaliser leur plein potentiel économique ou environnemental à court et à long terme et proposer des objectifs axés sur le système qui offrent des solutions optimales pour résoudre ces problèmes;
- constituer le capital humain nécessaire à la mise en œuvre efficace des sciences et technologies énergétiques;
- appuyer la prise de décisions dans les secteurs public et privé tout au long du processus d'innovation, de la recherche fondamentale jusqu'à la commercialisation finale, et réunir les intervenants des secteurs public et privé afin d'identifier et de tenir compte des enjeux prioritaires.

Le Groupe consultatif estime que l'orientation voulue peut être établie et maintenue d'une façon optimale si des institutions uniques se voient conférer la responsabilité de gérer et de diriger les programmes de recherche et d'allouer des fonds aux projets de recherche valables. Les institutions choisies devraient être celles qui sont dotées de la meilleure capacité à exécuter un tel programme de recherche, en étroite collaboration avec un large éventail de partenaires industriels, universitaires et gouvernementaux.

En ce qui a trait à l'initiative de recherche sur les systèmes énergétiques, le Groupe consultatif a identifié des domaines particuliers qui mériteraient une attention spéciale dans le contexte canadien. Ces domaines sont :

- ▶ les combustibles à base de carbone, notamment la gazéification et la capture et le stockage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>);
- ▶ le transport, la distribution et le stockage de l'électricité;
- ▶ les sciences sociales liées à l'utilisation finale de l'énergie.

Ces choix sont expliqués dans les chapitres suivants du présent rapport.



**RECOMMANDATION:** Afin d'améliorer le processus décisionnel global, il est nécessaire de recueillir des données transparentes et fiables au sujet des activités du secteur de l'énergie, y compris en ce qui a trait aux investissements dans les sciences et technologies énergétiques. Le Groupe consultatif recommande donc qu'un groupe indépendant soit chargé de recueillir, de mettre à jour et de rendre disponibles les données historiques et actuelles provenant des secteurs public et privé.

Il est essentiel de recueillir des données claires au sujet des intrants et des extrants des activités scientifiques et technologiques relatives à l'énergie réalisées dans les secteurs public et privé; cela permettrait une meilleure orientation des ressources dans l'avenir. Pendant la préparation du présent rapport, le Groupe consultatif a été surpris de constater à quel point il était difficile d'obtenir auprès du gouvernement fédéral, des provinces et de l'industrie des données détaillées de qualité sur les initiatives de technologies énergétiques, leur financement et leurs débouchés. Il pourrait être très utile de posséder des données uniformes et détaillées pouvant être subdivisées en fonction des orientations systémiques puis cumulées afin de fournir un aperçu de l'économie énergétique, lorsque vient le temps de décider à qui le financement sera alloué et dans quelles conditions.

À titre d'étonnante comparaison, les États-Unis comptent un certain nombre d'organismes voués à la présentation des données énergétiques, le plus important étant la U.S. Energy Information Administration, qui emploie plus de 350 personnes et bénéficie d'un budget annuel de l'ordre de 80 millions de dollars américains. Le Groupe consultatif recommande qu'on assigne à un groupe la tâche de recueillir et de tenir à jour des renseignements détaillés sur l'énergie canadienne; ces renseignements pourraient être mis à la disposition des secteurs public et privé et serviraient de fondement aux politiques tout en permettant la prise de décisions éclairées en matière de technologies énergétiques.

Bien qu'il existe une multitude de façons de diviser le processus d'innovation en phases, le Groupe consultatif est d'avis qu'il serait utile de travailler en fonction des définitions suivantes :

- **Recherche** : études scientifiques normalement effectuées par des universités et certains laboratoires gouvernementaux, y compris la démonstration des principes et la mise au point d'un prototype fonctionnel. Ces activités préliminaires sont souvent trop risquées pour être entreprises par le secteur privé.
- **Développement des technologies** : cette phase comprend la transformation du prototype en un produit ou un processus viable et est habituellement exécutée par le secteur privé, même si des laboratoires gouvernementaux peuvent y participer.
- **Démonstration et adoption préliminaire** : lors de ces phases, les technologies sont mises en œuvre dans des conditions réelles. Toutefois, en raison des coûts élevés ou des risques perçus par les acheteurs éventuels et hâtifs d'une nouvelle technologie, il pourrait être nécessaire d'injecter des fonds publics afin de soutenir les projets individuels positifs qui encourageront la mise en œuvre commerciale de ces technologies.
- **Commercialisation** : lors de cette phase d'adoption complète, les autorités réglementaires et du marché décident du sort final de la nouvelle technologie.

## ACTIVITÉS DU PROCESSUS D'INNOVATION

Le Groupe consultatif a fait valoir que des liens plus solides devraient être établis entre les phases d'innovation du secteur de l'énergie et que ces phases devraient être considérées comme un système d'interconnexions. Dans le cadre de l'approche systémique, chaque phase d'innovation présente des possibilités et des enjeux particuliers, comme cela est expliqué plus bas. Le but final du système d'innovation énergétique devrait être de développer des technologies que l'industrie réussira à mettre en œuvre de manière à ce que le secteur de l'énergie puisse tenir compte des occasions et des défis importants. Conformément à cette perspective, le Groupe consultatif présente ses recommandations en commençant par celles qui concernent la commercialisation puis en effectuant un retour en arrière jusqu'au développement des technologies et, enfin, jusqu'à la recherche.



## DÉMONSTRATION ET COMMERCIALISATION DES NOUVELLES TECHNOLOGIES



**RECOMMANDATION** : Le Groupe consultatif demande aux gouvernements fédéral et provinciaux de collaborer à l'élaboration de signaux à long terme clairs et cohérents à l'intention du marché afin de tenir compte d'enjeux environnementaux tels que les changements climatiques. Cela permettrait de grandement réduire les risques auxquels l'industrie s'expose en appliquant les technologies environnementales existantes et favoriserait le développement de technologies qui pourraient considérablement diminuer les répercussions environnementales de la production et de l'utilisation de l'énergie dans l'avenir.

Des investissements ciblés dans les sciences et technologies peuvent faciliter le développement de nouvelles technologies énergétiques. Les investissements seuls ne peuvent cependant pas créer une attraction des besoins — la demande à l'endroit d'une solution technologique requise pour stimuler une innovation efficace et la commercialisation des nouvelles technologies par le secteur privé. Le marché est susceptible de demander des solutions technologiques qui améliorent le rendement économique pour les producteurs et les utilisateurs d'énergie. En comparaison, l'attraction des besoins à l'égard de technologies énergétiques plus écologiques se fait habituellement sous l'impulsion des gouvernements, que ce soit par l'entremise d'incitatifs financiers visant l'adoption de technologies écologiques ou d'une réglementation flexible qui encourage la recherche de solutions novatrices pour résoudre des problèmes environnementaux. Sans attraction des besoins, une poussée technologique sous forme d'investissements gouvernementaux dans les sciences et technologies relatives à l'environnement sera vraisemblablement inefficace.

Pour réaliser leurs objectifs environnementaux, les gouvernements doivent envoyer des signaux clairs et soutenus afin de fournir aux entreprises la garantie que les efforts qu'elles fournissent pour développer et utiliser des technologies plus écologiques seront récompensés au fil du temps. Cela permettra de renforcer l'engagement du secteur privé à l'égard de l'innovation. Les signaux envoyés par les gouvernements doivent cependant prendre en compte les longs délais menant au développement, et ceux encore plus longs menant à l'adoption des technologies transformatrices. Ils doivent également être en harmonie avec les ratios de rotation des investissements de capitaux dans l'infrastructure énergétique. En outre, lorsqu'ils envoient de tels signaux, les gouvernements doivent informer le public que la réalisation des objectifs environnementaux entraîne souvent un coût économique, une réalité que la population doit être prête à accepter.

**RECOMMANDATION** : Il y a un besoin d'accroître de manière significative les ressources visant à appuyer les projets de démonstration et d'adoption rapide à l'échelle commerciale des nouvelles technologies énergétiques. En ce qui a trait aux technologies novatrices, il pourrait être nécessaire de fournir un appui au-delà du premier projet à échelle commerciale afin d'écarter les risques liés aux investissements dans les technologies peu connues.

Même lorsqu'il existe une attraction des besoins à l'endroit d'une solution technologique et qu'une solution viable a été mise au point, il se peut que les entreprises ne soient pas disposées à investir en raison des risques réels ou perçus relatifs à la mise en œuvre des nouvelles technologies. Pour atténuer ces risques, il est important que les démonstrations reçoivent l'appui du public. Les projets de démonstration devraient être pilotés par l'industrie et ne porter que sur les technologies présentant la meilleure probabilité de réussite sur le marché. Des projets « modèles » exagérément ambitieux qui font la démonstration d'un trop grand nombre d'innovations à la fois accroissent le niveau de complexité et réduisent la probabilité de réussite. Par conséquent, les technologies qui font l'objet de la démonstration et l'expertise acquise ont moins de chance d'être adoptées à l'échelle commerciale.

De plus, il arrive souvent qu'une nouvelle technologie soit mise en œuvre avec succès à l'échelle commerciale une première fois mais que cela ne suffise pas à écarter le risque perçu par les autres intervenants associés à la technologie. Cela est particulièrement vrai lorsqu'une nouvelle technologie a pour but de remplacer une technologie éprouvée essentielle au fonctionnement d'une entreprise. Donc, lorsque cela s'avère justifié, une marge de manœuvre devrait être prévue afin de fournir un certain soutien aux « promoteurs secondaires » lors de la mise en œuvre de la nouvelle technologie.

## PROMOTION D'UN ACCROISSEMENT DES INNOVATIONS RÉALISÉES PAR L'INDUSTRIE ÉNERGÉTIQUE

▶ **RECOMMANDATION :** Pour les grandes industries énergétiques fondées sur les produits primaires, les gouvernements devraient envisager de recourir à la réglementation ou à des incitatifs financiers pour stimuler le financement de la recherche par le secteur privé de manière à résoudre les problèmes économiques et environnementaux courants et de longue date.

Le niveau d'investissement dans la recherche est très faible dans certaines grandes industries énergétiques fondées sur les produits primaires. Par exemple, le secteur de l'électricité ne consacre que 0,59 p. 100 de ses revenus à la recherche tandis que les secteurs du pétrole et du gaz effectuent des investissements représentant 0,36 p. 100 de leurs revenus. La situation ne change pas malgré le fait que de tels secteurs pourraient tirer profit d'une collaboration en matière de recherches visant à résoudre des problèmes d'intérêt commun à plus long terme. Outre le financement insuffisant de la recherche, il y a aussi la question du capital humain restreint et de plus en plus rare qui travaille sur les enjeux technologiques.

Dans ce type de secteurs, le développement de méthodes permettant d'assurer le financement de recherches à long terme qui seraient gérées par l'industrie entraînerait un accroissement des ressources financières et humaines consacrées à la résolution de problèmes économiques et environnementaux de taille. Cette approche s'est révélée efficace dans d'autres pays. Aux États-Unis, par exemple, la mise en commun des fonds de recherche a permis de soutenir une initiative de collaboration de recherche entre le Electric Power Research Institute et le Gas Technology Institute, deux organismes qui ont effectué des travaux très utiles dans leur secteur respectif. Le financement pourrait être assuré soit par l'intermédiaire d'instruments réglementaires (comme des droits imposés aux utilisateurs d'énergie et des contributions obligatoires de la part des producteurs d'énergie) soit par l'utilisation de fonds publics dans le but d'augmenter les contributions volontaires de la part du secteur de l'énergie.

**RECOMMANDATION :** Le gouvernement fédéral devrait fournir 30 millions de dollars afin de multiplier les investissements du secteur privé dans un fonds canadien de capital de risque fiable, tourné vers l'avenir et axé sur les technologies énergétiques. Cet investissement stratégique devra être renouvelé régulièrement pour appuyer le développement et la croissance soutenues des entreprises canadiennes fondées sur le savoir faisant preuve d'innovation en matière de technologies énergétiques.

La possibilité de promouvoir le développement des entreprises énergétiques axées sur le savoir qui produisent des produits et des technologies à valeur ajoutée pour les marchés national et international est bien réelle. L'accès accru au capital de risque lors des phases préliminaires est essentiel au développement de telles entreprises. Une approche prometteuse consisterait à fournir des investissements gouvernementaux pouvant encourager le secteur privé à accroître ses propres investissements dans des fonds de capital de risque choisis pour les technologies énergétiques, qui seraient administrés par des sociétés privées d'investissement en capital de risque reconnues et visionnaires.

Les investissements gouvernementaux devraient prendre la forme d'une société en commandite, au sein de laquelle les gestionnaires du fonds – agissant à titre d'associés commandités – auraient les pleins pouvoirs pour sélectionner, assumer et, au besoin, liquider les investissements. De plus, aucune condition explicite ne devrait être imposée en ce qui concerne le type d'investissements permis, à l'exception de l'obligation qu'ils se fassent dans le secteur canadien de l'énergie. Même sous une autre direction que celle du gouvernement, de tels fonds viseraient intrinsèquement des objectifs d'intérêt public comme la promotion de groupes de technologies énergétiques florissants et le développement de technologies environnementales susceptibles de mettre à profit les possibilités nationales et internationales liées à la production, la conversion et l'utilisation de l'énergie. Le gouvernement fédéral a annoncé le recours à une approche de financement de démarrage pour le capital de risque dans le budget de 2004 sans toutefois préciser dans quel secteur et par rapport à quelle priorité.

▶ **RECOMMANDATION** : Le Groupe consultatif est tout à fait favorable aux recommandations du Groupe de travail sur le financement aux premières étapes, une approche qui contribuerait à promouvoir le développement de nouvelles entreprises de technologies énergétiques et à accroître les investissements dans les technologies énergétiques au Canada.

Créé au début de 2004, le Groupe de travail sur le financement aux premières étapes a récemment émis un certain nombre de recommandations ayant pour objet d'améliorer la quantité et la qualité des prêts à redevances offerts aux entreprises tout au long de leur cycle de vie. Le Groupe consultatif est fortement en faveur des recommandations à l'intention du secteur des technologies énergétiques, qui peuvent être résumées ainsi :

- ▶ un régime de crédit d'impôt pour l'innovation et la productivité qui encouragerait la formation de capital de risque;
- ▶ l'harmonisation des règles du crédit d'impôt à la recherche scientifique et au développement expérimental (RSDE) ou la création d'autres instruments permettant de fournir un soutien financier pour la recherche et le développement aux petites entreprises novatrices ne réalisant pas encore de bénéfice imposable, ainsi que l'élimination de l'obligation d'être une société privée sous contrôle canadien pour être admissible. Le Groupe consultatif ajoute à ceci la nécessité d'évaluer l'efficacité du crédit d'impôt à la RSDE en ce qui a trait à l'accroissement des investissements différentiels du secteur privé dans la recherche énergétique;
- ▶ la modification des règles sur la taxation dans le but de faciliter les investissements de capitaux étrangers dans les entreprises novatrices.

## AMÉLIORATION DE LA RECHERCHE ET DU DÉVELOPPEMENT ÉNERGÉTIQUES

**RECOMMANDATION :** Les laboratoires de recherche fédéraux sur l'énergie devraient procéder à un examen méthodique de leur mission, de leurs rôles et de leurs objectifs dans le contexte d'une stratégie énergétique fédérale. Ils devraient ensuite être soumis à un examen de leurs activités réalisées, entre autres possibilités, par des pairs indépendants, ce qui permettrait d'évaluer leur capacité à atteindre leurs buts et objectifs et de mesurer l'efficacité des structures et programmes en place pour ce qui est de l'avancement d'une stratégie énergétique.

Le travail des laboratoires fédéraux spécialisés en énergie est précieux pour le système d'innovation énergétique. Mentionnons notamment le rôle considérable joué par les laboratoires de recherche énergétique de Ressources naturelles Canada (Centre de la technologie de l'énergie de CANMET), qui réalisent la majorité des activités scientifiques et technologiques relatives à l'énergie au sein du système fédéral. Les laboratoires fédéraux doivent remplir une vaste gamme de fonctions importantes et potentiellement conflictuelles, y compris : l'établissement de normes; la réalisation à l'interne de recherches et de travail préliminaires à contrat pour le compte de l'industrie; l'administration de programmes de financement visant les sciences et technologies; la fourniture d'avis politiques au gouvernement. Toutes ces activités prennent place dans un cadre de financement extrêmement restreint. Ce large éventail de responsabilités semble avoir été acquis de manière sporadique au gré du temps et les laboratoires n'ont pas eu l'occasion d'élaborer un cadre de travail cohérent qui leur permettrait de définir clairement leurs objectifs, leurs rôles et leurs fonctions clés.

Pour accroître l'efficacité du système d'innovation énergétique, il faut procéder à un examen systématique de la mission, des rôles et des objectifs des laboratoires fédéraux spécialisés en énergie dans le contexte du système national d'innovation énergétique. Lorsque cela sera fait, il pourrait aussi y avoir un examen externe réalisé par des pairs dans le but d'évaluer si les laboratoires sont à même de réaliser les objectifs visés, et également d'analyser la qualité des relations que les laboratoires entretiennent avec les collectivités universitaires, provinciales et du secteur privé pertinentes. Pour autant que le Groupe consultatif le sache, les laboratoires fédéraux spécialisés en énergie n'ont jamais été soumis à un processus structuré d'examen externe, qui est pourtant un outil d'évaluation et de gestion efficace souvent utilisé dans d'autres pays.

Cet examen pourrait aussi permettre d'évaluer si l'amélioration des structures organisationnelles pourrait aider les laboratoires fédéraux à mieux remplir leur mandat; on pourrait par exemple se pencher sur la pertinence de séparer les fonctions de recherche, d'administration de programme et de conseil politique des laboratoires et identifier des occasions pour les laboratoires de contribuer à renforcer encore davantage la capacité technologique du secteur privé en matière d'énergie.



**RECOMMANDATION :** Des fonds dédiés aux recherches à l'appui des objectifs nationaux clés en matière de sciences et technologies énergétiques devraient être mis à la disposition des exécutants œuvrant dans le domaine de la recherche énergétique fondamentale et appliquée. Des fonds publics devraient aussi être orientés vers des avenues de recherche à long terme prometteuses mais conjecturales, y compris : les recherches en sciences des matériaux et en nanotechnologie visant à mettre au point des dispositifs d'alimentation à énergie solaire photovoltaïque à haute efficacité; l'amélioration de la composition chimique et des matériaux employés pour les piles à combustible perfectionnées; les recherches portant sur de nouvelles méthodes de production et de stockage mobile de l'hydrogène; les hydrates de méthane.

Il est nécessaire que les demandes du marché en matière de technologies énergétiques et les recherches universitaires portant sur l'énergie soient mieux harmonisées. Ce manque d'harmonie résulte en grande partie de l'absence de financement axé sur des objectifs pour orienter les recherches des facultés de sciences appliquées et de génie, les principaux établissements où se déroulent les activités préliminaires de recherche appliquée en vue du développement de nouvelles technologies. Le Groupe consultatif recommande par conséquent l'établissement d'un financement dédié et ciblé pour la recherche fondamentale et appliquée en matière d'énergie.

Conformément à l'approche systémique liée aux innovations énergétiques décrite plus tôt dans le présent rapport, il serait probablement préférable que les objectifs et les critères du financement de la recherche soient établis par un comité interministériel d'experts œuvrant dans les domaines technologiques clés. Les fonds pourraient ensuite être versés par l'entremise des voies conventionnelles, comme les conseils subventionnaires.

Des fonds devraient également être alloués aux domaines spéculatifs de la recherche énergétique qui, sans être actuellement prioritaires, pourraient présenter des avantages notables dans le système énergétique de l'avenir. Il est important que le financement public des activités scientifiques et technologiques réalisées dans les universités et les instituts de recherche vise aussi des domaines de la recherche préliminaire qui présentent des risques élevés mais promettent des résultats appréciables. Cette phase importante de la recherche excède la tolérance du risque et le calendrier d'activités du secteur privé. La nature même des sciences et technologies garantit que la plupart des efforts préliminaires échoueront mais cela ne devrait pas empêcher les chercheurs de se pencher sur des domaines d'activités prometteurs mais très risqués. Dans les sections suivantes du présent rapport, le Groupe consultatif identifie certains domaines prometteurs qui pourraient faire l'objet d'un financement ciblé pour les recherches préliminaires, c'est-à-dire :

- les recherches en sciences des matériaux et en nanotechnologie visant à mettre au point des dispositifs d'alimentation à énergie solaire photovoltaïque à haute efficacité;
- les recherches visant à améliorer la composition chimique et les matériaux employés pour les piles à combustible perfectionnées;
- les recherches portant sur de nouvelles méthodes de production et de stockage mobile de l'hydrogène;
- les recherches sur les hydrates de méthane.



# CHAPITRE

# 4

## ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS EN MATIÈRE DE SCIENCES ET TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES

### ÉTABLISSEMENT DES PRIORITÉS

**A**près avoir proposé des façons d'améliorer la prestation des sciences et technologies énergétiques, le Groupe consultatif s'attarde maintenant au deuxième élément de son mandat : l'établissement de priorités clés pour les sciences et technologies énergétiques au Canada. À la suite de discussions, le Groupe a convenu d'un principe directeur pour le processus d'établissement de priorités :

*De l'avis du Groupe consultatif, en plus du mandat relatif à l'énergie durable, les domaines prioritaires dans les sciences et technologies énergétiques sont ceux pour lesquels un effort ciblé peut à la fois répondre aux besoins des secteurs public et privé en vue d'améliorer sensiblement les avantages offerts aux Canadiens.*

En d'autres mots, les priorités nationales clés devraient indiquer vers quels domaines convergent les intérêts publics et privés. En définissant les priorités canadiennes de cette façon, il devrait être plus facile d'inciter tous les intervenants à fournir un effort ciblé en matière d'innovation énergétique. Cela favorisera le développement de technologies qui aideront le Canada à exploiter son potentiel énergétique le plus judicieusement possible, dans l'intérêt de la population canadienne.

Ce principe directeur limite cependant la série d'activités scientifiques et technologiques pour lesquelles le Groupe consultatif estime qu'il serait approprié de déployer un effort national ciblé. Cela ne signifie toutefois pas que d'autres activités scientifiques et technologiques relatives à l'énergie ne sont pas importantes ni qu'elles ne devraient pas bénéficier de soutien. Par exemple, il est dans l'intérêt du secteur privé d'investir dans de nouvelles technologies qui répondront aux demandes courantes du marché. Ces technologies sont malgré tout susceptibles d'être développées sans une participation et des efforts accrus des secteurs public et privé. De la même façon, le gouvernement doit se doter de ressources adéquates afin : d'élaborer des normes et des codes; de créer une base de connaissances à partir de laquelle il sera possible d'évaluer les ressources énergétiques du Canada; de soutenir les technologies énergétiques qui amélioreront la qualité de vie des collectivités éloignées. On peut toutefois difficilement faire valoir qu'il s'agit de domaines dans lesquels les investissements dans les sciences et technologies devraient être la responsabilité du secteur privé.

Le Groupe consultatif tient pour acquis que son mandat à l'égard de l'énergie durable signifie qu'il faut trouver un équilibre entre les attentes économiques, environnementales et sociales et, si cela s'avère possible, poursuivre ces trois objectifs de front. Dans un tel contexte, la principale zone de chevauchement entre les intérêts des secteurs public et privé en est une au sein de laquelle les synergies entre les avantages économiques et environnementaux peuvent être exploitées. Les avantages sociaux découlent par la suite de l'amélioration du rendement économique et environnemental.

En ce qui a trait à la sécurité énergétique, le Groupe consultatif ne considère pas que la sécurité de l'approvisionnement national est préoccupante compte tenu du fait que le Canada est un grand exportateur d'énergie; les inquiétudes liées à la sécurité de l'infrastructure énergétique ne semblent pas non plus jouer un rôle déterminant dans les sciences et technologies énergétiques au Canada.

*Sur le plan économique*, les domaines prioritaires sont les suivants : les domaines dans lesquels les nouvelles technologies peuvent mettre à profit des possibilités économiques exceptionnelles et importantes propres aux ressources fondamentales et à la géographie canadiennes; les domaines dans lesquels les acquis intellectuels ou industriels du Canada lui permettent de devenir un chef de file mondial du développement de nouvelles technologies pouvant trouver des débouchés intéressants au Canada et à l'étranger; les domaines dans lesquels les investissements différentiels dans les sciences et technologies canadiennes pourraient présenter un important avantage économique.

Sur le plan environnemental, les domaines prioritaires sont ceux dans lesquels des investissements différentiels dans le développement technologique pourraient considérablement réduire l'incidence environnementale de la production et de l'utilisation de l'énergie. Par exemple, une nouvelle technologie pourrait atténuer les impacts du secteur de l'énergie sur la qualité de l'air et de l'eau de même que sur l'intégrité des écosystèmes. Le plus important défi environnemental à long terme pour le secteur de l'énergie est probablement le changement climatique provenant de source humaine dû aux rejets de GES dans l'atmosphère. Le Groupe consultatif a remarqué qu'au Canada, plus de 85 p. 100 des émissions de GES provenant de sources humaines sont le résultat de la production et de l'utilisation de l'énergie; les statistiques sont semblables dans d'autres pays. Bien que le Canada ne soit responsable que de 2 p. 100 des émissions à l'échelle mondiale, il faudra substantiellement réduire les émissions mondiales de GES au fil du temps afin de minimiser le risque que le climat terrestre subisse des répercussions néfastes majeures. Par conséquent, les technologies développées par le Canada pour diminuer ses propres émissions de GES pourraient également avoir des débouchés considérables sur les marchés internationaux.

Enfin, les avantages sociaux qui correspondent au cadre de travail comprennent un accroissement du nombre d'emplois en raison d'une activité économique plus florissante dans le secteur canadien de l'énergie ainsi que l'amélioration de la santé de la population dans la mesure où les conditions environnementales sont plus favorables.

Le Groupe consultatif accorde la plus haute priorité aux options scientifiques et technologiques qui tiennent simultanément compte, le plus souvent possible, de ces dimensions économiques, environnementales et sociales tout en donnant au Canada la possibilité de devenir un chef de file mondial dans un domaine donné de l'innovation énergétique.

## PROCESSUS

Les chapitres suivants du présent rapport identifient les principales priorités technologiques du Canada dans le cadre d'une approche systémique en matière d'énergie. À titre de première étape, le groupe de technologies énergétiques a été divisé en chapitres portant spécifiquement sur les systèmes, comme cela est indiqué ci-dessous :

- les combustibles à base de carbone;
- la production d'électricité renouvelable et nucléaire;
- les piles à combustible et l'hydrogène;
- les techniques de pointe liées à l'utilisation finale de l'énergie.

Les motifs qui sous-tendent le choix de ces systèmes énergétiques sont exposés dans chaque chapitre. Bien que les piles à combustible et l'hydrogène ne constituent pas un système au même titre que les autres éléments susmentionnés, un même chapitre leur est consacré en raison des liens qui existent entre eux et du fait de leur pertinence vis-à-vis d'au moins deux des systèmes principaux définis dans les autres chapitres.

Le Groupe consultatif a commencé son évaluation des priorités en effectuant un examen factuel des possibilités et des défis présentés par chacun des domaines de technologie énergétique faisant partie des quatre systèmes énumérés plus haut sur les plans économique, environnemental, social et technologique. À cet examen sont venues s'ajouter des recherches complémentaires de même que des discussions avec des experts lors des réunions mensuelles du Groupe. De plus, le Groupe a demandé à un plus vaste échantillon d'experts de chaque domaine de lui faire part de sa franche opinion par écrit. Le caractère prioritaire de chaque domaine technologique s'insérant dans chacun des systèmes a par la suite été évalué.

En prenant en considération le cadre de travail susmentionné, le Groupe consultatif s'est tout particulièrement attaché à identifier les technologies « plates-formes » clés qui, si elles étaient développées, pourraient considérablement accroître le rendement d'un système énergétique donné. Les technologies hautement prioritaires de ce type sont définies comme des technologies plates-formes tout au long du présent rapport.

Plutôt que d'essayer de classer toutes les technologies par ordre de priorité, le Groupe consultatif a mis l'accent sur les quelques plates-formes et autres technologies qu'il estime être hautement prioritaires pour les sciences et technologies énergétiques au Canada. De plus, le rapport fait état des discussions portant sur tous les domaines technologiques ayant été examinés et propose certaines suggestions additionnelles à propos de domaines jugés particulièrement dignes d'intérêt.

# CHAPITRE 5

## COMBUSTIBLES À BASE DE CARBONE

**P**armi les combustibles à base de carbone, on trouve des combustibles fossiles — le pétrole, le gaz naturel, le bitume et le charbon — de même que la biomasse. Dans ce chapitre, les sciences et technologies sont analysées en fonction de la production de ressources énergétiques à base de carbone et de la conversion de celles-ci en vecteurs thermiques et énergétiques utilisables tels que l'essence, l'électricité et l'hydrogène.

Le Canada a la chance de posséder certaines des plus importantes ressources au monde en matière de combustibles fossiles. Les industries pétrolière, gazière et houillère fournissent des ressources de base en électricité et en combustible qui répondent aux besoins nationaux liés au transport et qui sont des aspects essentiels d'innombrables produits et procédés. Du point de vue des exportations, la valeur de ces ressources est tout aussi appréciable; elles continueront en outre de capter l'attention des pays en développement et développés.

Étant donné que ces industries sont liées par l'entremise de leurs intrants et extrants, les combustibles fossiles peuvent être considérés comme des éléments d'un système. Ce système peut être renforcé grâce à des technologies qui améliorent la viabilité économique et environnementale de chaque ressource qui le compose ainsi que de l'ensemble du système. Deux possibilités de technologies plates-formes sont étudiées à la fin du présent chapitre.

Le Canada dispose aussi d'un potentiel bioénergétique non négligeable. Même si la bioénergie devrait être abordée dans la section consacrée à l'énergie renouvelable, elle figure dans la présente section en raison des synergies possibles entre les technologies liées aux techniques de pointe pour l'utilisation de la biomasse et celles relatives aux combustibles fossiles.

Conformément à ce qui a été recommandé au chapitre 3, le développement d'un programme de recherche sur les systèmes concernant les combustibles à base de carbone et faisant appel à de solides partenariats entre l'industrie, le gouvernement et les universités est fondamental si l'on veut optimiser les aspects économiques et environnementaux du système énergétique.

## BIOÉNERGIE

### **DOMAINE PRIORITAIRE : Bioénergie**

**Le Canada possède de vastes ressources de biomasse résiduelle et est un chef de file dans plusieurs technologies liées à la bioénergie qui pourraient être davantage développées sur le marché national et international. Outre la biomasse résiduelle, des analyses documentées du cycle de vie devraient être effectuées afin d'étudier les avantages économiques et environnementaux de différentes matières premières d'alimentation et options technologiques.**

Au Canada, les matières d'alimentation existantes tirées de la biomasse proviennent de plusieurs sources, notamment les déchets de produits forestiers émanant des scieries, les déchets du tapis forestier, les déchets agricoles et les ordures ménagères. À titre d'exemple, un sondage récent a révélé qu'environ 3 millions de tonnes de déchets de bois excédentaires (ce qui équivaut à 54 PJ) sont produites chaque année par les scieries canadiennes; cela vient s'ajouter aux 16 millions de tonnes d'amas de résidus d'écorce et de bois broyés qu'on trouve au pays. Comme la distribution des matières d'alimentation tirées de la biomasse est diffuse, il coûte souvent cher de les recueillir et de les transporter. Ainsi, les applications bioénergétiques sont susceptibles d'être localisées et ciblées, dans les usines de pâtes et papiers et le chauffage à distance, par exemple. Néanmoins, des technologies permettant de récupérer et de transporter la biomasse plus efficacement contribueraient à accroître la disponibilité de la ressource et devraient faire l'objet de recherches actives.

Les entreprises et les chercheurs canadiens disposent de technologies bioénergétiques de renommée mondiale dans des domaines comme la gazéification de la biomasse, la pyrolyse et la production d'éthanol cellulosique; ces technologies pourraient être utilisées à grande échelle au pays et à l'étranger. La gazéification de la biomasse pourrait être très intéressante pour un certain nombre d'applications et elle est examinée d'une manière plus détaillée plus loin dans ce chapitre. Dans les industries où la bioénergie pourrait avoir des applications hâtives, comme l'industrie des produits forestiers, il sera peut-être nécessaire de fournir une aide financière aux premiers clients afin d'atténuer le risque perçu à l'endroit des nouvelles technologies bioénergétiques.

Le Groupe consultatif entrevoit avec optimisme les possibilités offertes à court terme pour la production d'énergie par les produits de biomasse résiduelle. Ces possibilités comprennent entre autres l'utilisation intelligente des déchets de bois pour produire de l'électricité de façon décentralisée, ce qui permettrait de tirer parti d'une source d'énergie peu coûteuse n'émettant pas davantage de GES que ceux qu'elle aurait normalement produit en se décomposant naturellement avec le temps. Dans certaines régions, la coalimentation à la biomasse et aux combustibles fossiles pourrait être logique sur les plans économique et environnemental et devrait être envisagée dans le cadre d'une évaluation des options bioénergétiques. La bioénergie tirée des ordures ménagères pourrait également offrir des avantages économiques et environnementaux.

Lorsqu'on écarte la biomasse résiduelle, des questions importantes sont soulevées en ce qui a trait à la viabilité économique et environnementale des ressources bioénergétiques. Des analyses documentées du cycle de vie des coûts et des avantages environnementaux et économiques des options de biomasse devraient donc être effectuées afin d'examiner les mérites de différentes solutions faisant appel à la biomasse non résiduelle (p. ex., les cultures énergétiques) et des options technologiques visant la bioénergie non résiduelle.

## PÉTROLE NON CONVENTIONNEL

Un pourcentage notable des réserves pétrolières conventionnelles connues du Canada peut être extrait au moyen de technologies classiques. Par conséquent, cette section s'attarde au pétrole non conventionnel, notamment le bitume (c.-à-d., les sables bitumineux) et le pétrole lourd.

Le développement de nouvelles technologies liées au pétrole non conventionnel permettrait de réaliser plusieurs possibilités économiques. Entre autres, il serait possible d'améliorer les techniques d'extraction et d'utiliser en remplacement du gaz naturel, dont le prix de revient est élevé, des matières premières d'alimentation moins coûteuses ou d'autres sources d'énergie pour produire la chaleur et l'hydrogène nécessaires. Les forces du marché suffiront probablement à inciter l'industrie à investir dans les technologies dont elle aura besoin pour tirer profit de ces possibilités. Ainsi, bien que ces domaines soient extrêmement importants, ils ne constituent pas des priorités nationales clés selon la définition présentée au chapitre 4.

Toutefois, par rapport aux revenus qu'elle touche, les investissements de l'industrie pétrolière canadienne sont plutôt faibles dans le domaine de la recherche technologique à moyen et à long terme. Cela est en partie dû à la nature de cette industrie fondée sur les produits primaires, au sein de laquelle les innovations sont incorporées aux achats d'équipement et à l'amélioration à court terme des procédés. Ces mesures ne tiennent néanmoins pas véritablement compte de la viabilité à long terme et n'assurent pas la compétitivité à long terme. De plus, le manque d'investissements effectués par des entreprises nationales ou des multinationales dans la recherche au Canada entrave le développement d'un secteur canadien de fourniture d'équipements vaste et à la fine pointe de la technologie. Il serait donc avantageux de créer des mécanismes visant à encourager le financement par le secteur privé de recherches portant sur des enjeux économiques et environnementaux communs et à long terme. Tel que cela a été mentionné au chapitre 3, les incitatifs pourraient se traduire par une réglementation ayant pour dessein d'engager des fonds dans la recherche et le développement propres au secteur, ou par le cofinancement par le gouvernement d'initiatives de recherche en collaboration avec l'industrie ciblant des objectifs à long terme.

Outre l'augmentation des activités de recherche et de développement par le secteur privé, il serait pertinent d'encourager certains efforts concertés de la part des secteurs public et privé. Il est possible que les initiatives de collaboration offrent des avantages économiques mais leur principal objectif devrait être de résoudre les problèmes environnementaux qui pourraient nuire à la viabilité à long terme du secteur pétrolier. Même si la qualité de l'air et de l'eau et la gestion des terres demeurent des sources de préoccupation, les réglementations provinciales et les recherches coopératives des secteurs public et privé ont permis d'aborder ces questions d'une manière relativement efficace. Il existe toutefois des solutions technologiques qui peuvent consolider les avantages aussi bien du point de vue environnemental qu'économique. La gazéification des résidus de charbon ou de sables bitumineux peut fournir la chaleur, l'électricité et l'hydrogène nécessaires dans le cadre du processus de production pétrolière, et ce à un moindre coût que le gaz naturel. De plus, les polluants locaux et le dioxyde de carbone peuvent être retirés des matières premières d'alimentation. Le dioxyde de carbone capturé peut ensuite être stocké ou utilisé pour la récupération assistée des hydrocarbures. Cette approche permettrait d'accroître les avantages économiques et de réduire l'incidence environnementale du secteur des combustibles fossiles. La gazéification ainsi que la capture et le stockage du CO<sub>2</sub> présentent donc des possibilités remarquables en ce qui a trait au pétrole non conventionnel, et ces éléments sont examinés en détail à la fin du présent chapitre.



## GAZ NATUREL

Le gaz naturel est un combustible polyvalent et de grande qualité qui est utilisé pour produire de la chaleur et de l'électricité, et il est aussi une matière première d'alimentation employée dans de nombreux procédés de fabrication de matériaux. Comme son incidence environnementale par unité d'énergie est moins importante que celle d'autres combustibles fossiles, il devrait faire l'objet d'une utilisation judicieuse afin que sa valeur puisse être exploitée de façon optimale. Les techniques d'extraction et l'utilisation conventionnelles du gaz naturel sont importantes mais ces technologies sont matures. Par conséquent, elles ne sont pas des domaines prioritaires pour les activités scientifiques et technologiques nationales. Les commentaires ci-dessous portent majoritairement sur l'extraction non conventionnelle de gaz.

Les entreprises canadiennes ont été des figures de proue du développement de certaines technologies d'extraction pour le gaz de réservoir étanche et de schiste et le méthane de houille; d'autres technologies existant à l'échelle internationale doivent cependant être modifiées afin de tenir compte des conditions en vigueur au Canada. L'industrie a commencé à employer et à adapter ces technologies et continuera de le faire tant que les considérations économiques prouveront qu'elles sont viables. Il en va généralement de même pour les technologies relatives à l'extraction du gaz dans les régions extracôtières et frontalières, à l'exception peut-être des technologies extracôtières dans les régions nordiques, où la présence de glace pose de nouveaux défis techniques qui devront être affrontés. Dans l'ensemble, il s'agit de domaines dans lesquels les forces du marché combinées à l'adaptation de l'expertise canadienne et internationale suffiront probablement à démarrer la mise en œuvre de nouvelles technologies.

Les hydrates de méthane sont différents des autres gaz non conventionnels car il n'existe pas encore de technologies pour les extraire. Les hydrates de gaz sont des solides cristallins composés de molécules de gaz incluses dans des molécules d'eau. On en retrouve en grande quantité dans la nature, dans les régions arctiques et dans les sédiments des grands fonds océaniques.

Les hydrates de gaz représentent un défi unique parce que même si le Canada peut compter sur de vastes ressources potentielles, la technologie nécessaire à leur exploitation en est encore aux premiers stades de développement. Compte tenu de l'expertise canadienne en la matière, il est justifié de continuer à investir dans la recherche fondamentale sur les hydrates de gaz en partenariat avec d'autres intervenants. Toutefois, d'autres pays possédant moins d'options énergétiques, le Japon, par exemple, pourraient avoir davantage intérêt

à développer les technologies requises, ce qui pourrait être l'occasion pour le Canada de réduire ses coûts grâce à la recherche coopérative. Les hydrates de gaz sont un domaine qui profiterait d'un financement dédié ciblant la recherche énergétique fondamentale et appliquée, comme cela est proposé au chapitre 3.

## CHARBON

Le charbon a toujours joué un rôle de premier plan dans la production d'électricité, et il est prévu que ce rôle continuera de prendre de l'expansion dans de nombreuses provinces en raison de l'accroissement de la demande en électricité. Les technologies actuelles d'exploitation et d'extraction du charbon sont bien établies et les améliorations progressives en cours suffiront à éliminer les obstacles liés au coût et à l'approvisionnement. Les technologies de pointe pour le charbon visent actuellement à permettre l'utilisation du charbon dans la production de chaleur, d'électricité et de produits chimiques grâce à des moyens viables sur les plans économiques et environnementaux.

À l'instar des technologies pétrolières non conventionnelles, les partenariats entre le gouvernement et l'industrie devraient mettre l'accent sur les domaines qui atténueront l'incidence environnementale de l'utilisation du charbon. Les États-Unis et l'Allemagne sont des chefs de file du développement et de l'adoption de technologies du charbon épuré et ces pays sont en avance sur le Canada dans ce domaine. En outre, les propriétaires canadiens de centrales au charbon investissent très peu dans les technologies du charbon épuré. Si le Canada souhaite trouver des façons plus écologiques à applications à valeur ajoutée d'utiliser le charbon, il doit encourager l'industrie à investir dans la technologie.

Ceci dit, des activités de recherche sont en cours au Canada en ce qui concerne les technologies de pointe pour le charbon comme la gazéification. La recherche sur la capture du CO<sub>2</sub> au point de rejet dans les centrales au charbon est particulièrement prometteuse, tout comme l'adaptation des technologies de gazéification pour le charbon canadien de rang bas.

Comme c'est le cas pour le pétrole non conventionnel, les synergies entre la gazéification du charbon et les besoins en hydrogène/électricité du secteur des sables bitumineux combinées à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub> offrent des possibilités économiques et environnementales exceptionnelles dans l'Ouest canadien. L'exploitation de ces synergies constitue le meilleur moyen de favoriser l'adoption de technologies du charbon épuré et de permettre au Canada d'acquérir une expertise en matière d'intégration de systèmes de polyproduction à grande échelle et de devenir un chef de file mondial de la gestion du CO<sub>2</sub> grâce à la capture et au stockage. Cette possibilité est explorée ci-après.

## TECHNOLOGIE À PLATE-FORME : GAZÉIFICATION DE COMBUSTIBLES A BASE DE CARBONE

### ▶ **DOMAINE PRIORITAIRE : Gazéification**

Compte tenu de ses ressources fondamentales, l'acquisition d'une expertise de renommée mondiale en matière de gazéification des combustibles à base de carbone est une possibilité à exploiter hautement prioritaire. Si elles sont combinées à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub>, ces technologies réduiront aussi considérablement l'incidence environnementale de l'industrie des combustibles fossiles.

La gazéification conventionnelle des combustibles à base de carbone nécessite que ces derniers soient combinés à de la vapeur et à de l'oxygène dans des conditions où la température et la pression sont élevées pour produire un mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène. Ce mélange peut être utilisé tel quel ou converti en produits pétrochimiques, en chaleur ou en électricité. Les sous-produits du procédé sont des flux de particules de CO<sub>2</sub> prêtes à être capturées ainsi que des métaux en trace qui seraient rejetés dans l'atmosphère si le combustible d'alimentation était brûlé. En comparaison de l'utilisation conventionnelle des combustibles fossiles, la gazéification peut donc offrir d'importants avantages environnementaux si elle est associée à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub>.

Tel que cela a été mentionné dans les sections précédentes, l'Ouest canadien présente toutes les composantes requises pour le déploiement d'un effort concerté visant la gazéification à grande échelle d'hydrocarbures en lien avec la capture et le stockage du CO<sub>2</sub> :

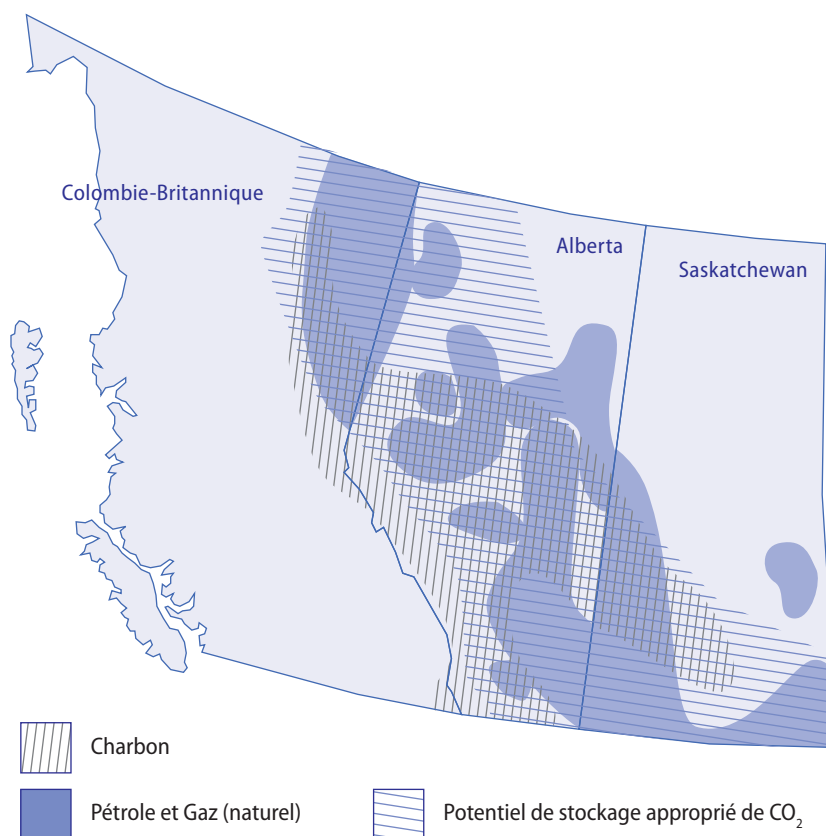
- ▶ la région compte de grandes quantités de charbon pouvant être gazéifiées dans le but de produire de l'électricité et de polyproduire l'hydrogène et les produits pétrochimiques dont les industries pétrolières et chimiques locales ont besoin. Cela pourrait accroître la valeur du charbon et celle d'autres éléments du secteur des combustibles fossiles tout en réduisant leur incidence sur l'environnement;
- ▶ l'industrie des sables bitumineux produit actuellement la majorité de l'hydrogène et de la chaleur dont elle a besoin au moyen de gaz naturel, une solution coûteuse. Le coût du gaz naturel est un facteur déterminant qui amène l'industrie à envisager des technologies de remplacement telles que la gazéification des résidus et des déchets provenant de la production des sables bitumineux ainsi que le charbon;

► COMBUSTIBLES À BASE DE CARBONE

- les approvisionnements en charbon et en sables bitumineux de la région sont situés à proximité des sources de demande en hydrogène et en produits pétrochimiques et des sites qui pourraient éventuellement servir au stockage du CO<sub>2</sub>.

La figure 7 illustre comment les réserves de combustibles fossiles et les sites qui pourraient être utilisés pour stocker le CO<sub>2</sub> sont concentrés dans l'Ouest canadien, notamment en raison de la présence du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC).

**FIGURE 7.**  
Proximité des réserves de combustibles fossiles des sites de stockage appropriés du CO<sub>2</sub>



Le gouvernement et l'industrie ont donc la possibilité de collaborer pour regrouper les activités de gazéification dans l'Ouest canadien, ce qui pourrait renforcer les liens au sein du secteur des combustibles fossiles et permettre d'en tirer le meilleur parti. Cela réduirait l'incidence environnementale des importantes ressources canadiennes en matière de combustibles fossiles et accroîtrait la valeur économique desdites ressources pour la population canadienne. La technologie de base nécessaire à la mise en œuvre d'une telle initiative existe déjà; il faudrait toutefois faire appel aux sciences et technologies pour la mettre à l'échelle, l'intégrer et l'adapter afin qu'elle corresponde aux matières premières d'alimentation du Canada et aux applications propres à notre pays.

Si le Canada met ce programme en œuvre, il deviendra un chef de file mondial en ce qui a trait à l'établissement de la propriété intellectuelle souple et systémique que requiert la gazéification à grande échelle, qui pourra alors être associée à la capture et au stockage géologique du CO<sub>2</sub>. Cette expertise technique deviendrait un atout dans un marché mondial de la gazéification et des technologies de capture et de stockage du CO<sub>2</sub> qui serait en pleine expansion. Pour le gouvernement, les avantages environnementaux de la capture et du stockage du CO<sub>2</sub> lié aux combustibles fossiles représentent un motif convaincant d'encourager le regroupement des activités de gazéification des combustibles fossiles au Canada.

Il est possible qu'il existe des synergies considérables entre un tel effort et la gazéification à plus petite échelle de la biomasse, la coalimentation à la biomasse et à d'autres matières premières de même que la production à petite et à grande échelle d'hydrogène pour des besoins autres que ceux du secteur pétrolier. Ces liens devraient être pris en considération et représenter une composante de l'initiative ayant pour but d'acquérir une expertise en matière de gazéification des combustibles à base de carbone.

## TECHNOLOGIE À PLATE-FORME : CAPTURE ET STOCKAGE DU DIOXYDE DE CARBONE

### DOMAINE PRIORITAIRE : Captage et stockage du CO<sub>2</sub>

Le Canada a la chance de bénéficier de conditions géologiques favorables au stockage de grandes quantités de CO<sub>2</sub> à proximité des gisements de combustibles fossiles de l'Ouest canadien. Par conséquent, il y a une possibilité de développer des technologies de capture et de stockage du CO<sub>2</sub> pour améliorer la viabilité écologique de ces ressources importantes. La capture et le stockage devraient être étroitement liés à la participation du gouvernement dans une initiative de gazéification des combustibles fossiles.

Les réserves en combustibles fossiles sont pour le Canada un avantage de taille sur les plans économique et géopolitique. Le Canada et la collectivité mondiale s'inquiètent cependant de plus en plus de l'incidence défavorable des émissions de GES attribuables à la production et à l'utilisation des combustibles fossiles. Le seul moyen d'exploiter le potentiel offert par les combustibles fossiles sans subir cette incidence est d'atténuer considérablement leurs effets négatifs sur l'environnement et, tout particulièrement, de réduire de façon marquée les émissions de GES qui découlent de leur production et de leur utilisation.

La géologie canadienne présente également un potentiel exceptionnel pour le stockage de grandes quantités de dioxyde de carbone dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (BSOC); selon les estimations préliminaires, la capacité de stockage serait équivalente à au moins 100 ans, et possiblement supérieure à 1 000 ans par rapport au total actuel des émissions annuelles de CO<sub>2</sub> du Canada. Les formations géologiques du BSOC, y compris les gisements pétrolifères et les aquifères salins, sont susceptibles de pouvoir contenir en toute sécurité le dioxyde de carbone pour des périodes extrêmement longues. Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat mentionnait effectivement dans un rapport récent que le stockage du CO<sub>2</sub> dans des régions telles que le BSOC pouvait se faire de manière sécuritaire dans des réservoirs géologiques appropriés avec des fuites totales inférieures à 1 p. 100 pour 1 000 ans. Il pourrait aussi être possible de recourir au stockage géologique du CO<sub>2</sub> dans d'autres régions du pays qui produisent et utilisent d'importantes quantités de combustibles fossiles.

Comme cela est indiqué à la figure 7, le BSOC est situé à proximité des principales sources canadiennes d'émissions de CO<sub>2</sub> attribuables à la production de sables bitumineux et à la production d'électricité au moyen de charbon. La région offre en outre des possibilités liées à la récupération assistée des hydrocarbures grâce au CO<sub>2</sub>, ce qui pourrait créer un incitatif à un stade précoce sur le marché pour la capture et le stockage du CO<sub>2</sub>. Les synergies entre les technologies de gazéification de pointe des combustibles fossiles et la capture et le stockage du CO<sub>2</sub> représentent également une belle occasion de cultiver l'expertise canadienne dans le domaine de la capture à grande échelle du CO<sub>2</sub>.

Compte tenu des facteurs susmentionnés, le Canada devrait sérieusement envisager un programme préconisant la capture et le stockage à grande échelle du CO<sub>2</sub> dans l'Ouest canadien. Le Groupe consultatif fait remarquer que le Canada possède déjà une expertise significative dans ce domaine en raison d'activités existantes, notamment le Projet de surveillance et de stockage des GES de Weyburn de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). Il est nécessaire que le Canada conserve et étende son leadership dans ce domaine en tirant parti de son potentiel remarquable.

Ceci dit, contrairement à la gazéification des hydrocarbures, la capture et le stockage à grande échelle du CO<sub>2</sub> ne représenteraient un intérêt commercial que si les gouvernements prenaient l'engagement à long terme de gérer les GES. Les investissements majeurs des secteurs public et privé dans ce domaine pourraient se révéler inefficaces en l'absence d'un message politique clair de la part des différents ordres de gouvernement concernant la nature de l'engagement soutenu du Canada à l'égard de la réduction des GES. Il est donc nécessaire que des signaux clairs soient envoyés pour que le Canada soit en mesure de tirer parti de la possibilité de devenir un chef de file en matière de capture et de stockage à grande échelle du dioxyde de carbone.

En ce qui a trait aux activités de capture et de stockage du CO<sub>2</sub>, deux éléments distincts retiennent l'attention et sont dignes de soutien : la capture, le transport et l'injection de CO<sub>2</sub> ainsi que la gestion du CO<sub>2</sub> stocké.

Les technologies permettant de capturer, transporter et injecter le CO<sub>2</sub> dans les réservoirs géologiques existent déjà mais elles doivent être validées, intégrées et perfectionnées à plus grande échelle pour qu'il soit possible de stocker de façon rentable de grandes quantités de CO<sub>2</sub>. La sélection de l'emplacement de l'infrastructure de transport du CO<sub>2</sub> devrait reposer sur des évaluations systémiques des avantages économiques et environnementaux qui pourraient être réalisés au fil du temps. Si des signaux à long terme orientent la gestion

du CO<sub>2</sub>, l'industrie pourra mettre au point et exécuter des projets de démonstration et le gouvernement n'aura qu'à fournir le soutien complémentaire nécessaire pour rendre un projet viable.

Une gestion responsable du CO<sub>2</sub> stocké nécessite une évaluation systématique et transparente des risques de fuites et l'élaboration d'outils permettant d'identifier et de gérer les sites de stockage. En outre, il faut établir des protocoles et une infrastructure de surveillance appropriés. Une compréhension accrue de ces variables devrait faciliter la mise en place d'une réglementation assurant la manipulation et le stockage sécuritaires du CO<sub>2</sub> au Canada. En définitive, il sera nécessaire de déterminer qui sera responsable si jamais le CO<sub>2</sub> stocké présente un risque quelconque dans l'avenir. Le gouvernement est le mieux placé pour diriger les efforts liés à ces problèmes, et la résolution de ces problèmes constitue une condition préalable à une initiative de stockage à grande échelle.



# CHAPITRE

# 6

## PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE ET NUCLÉAIRE

**L**es nouvelles sources d'énergie renouvelable et à grande échelle et l'énergie nucléaire ont en commun la propriété de ne pas émettre directement de GES ou d'autres polluants atmosphériques lors de la production d'électricité.

De façon individuelle, le Groupe consultatif n'estime pas que les technologies renouvelables et nucléaires sont des priorités clés dans le cadre d'un effort national axé sur les sciences et technologies énergétiques. Cela est dû à l'un ou plusieurs des facteurs suivants, selon la technologie en question : des coûts élevés; la maturité relative du domaine technologique; le manque d'expertise ou de leadership du Canada ou la nature des ressources fondamentales canadiennes. Le Groupe consultatif a néanmoins d'importantes recommandations à formuler à propos de ces technologies.

Toutefois, lorsque les sources d'énergie sont examinées dans leur ensemble, il devient manifeste qu'elles ont en commun des problèmes liés au transport, à la distribution et au stockage de l'électricité. Il est possible de résoudre ces problèmes en mettant l'expertise canadienne existante au service du réseau électrique et du public. Les techniques de pointe en matière de transport, de distribution et de stockage de l'électricité sont donc un domaine technologique à haute priorité pour le Canada; elles font d'ailleurs l'objet d'un examen détaillé à la fin du présent chapitre.

## L'ÉNERGIE RENOUVELABLE

L'énergie renouvelable, qui est habituellement utilisée pour produire de l'électricité, peut être classée en sources renouvelables à grande échelle et en nouvelles sources renouvelables, comme cela est décrit ci-après.

### Sources renouvelables à grande échelle

Les sources d'électricité renouvelables à grande échelle comprennent les grandes centrales hydroélectriques et l'énergie éolienne. Les grandes centrales hydroélectriques représentent une source d'électricité importante et bien établie au Canada. Bien que l'énergie éolienne n'occupe pas la même place, elle connaît une croissance rapide et est appelée à devenir une source d'électricité beaucoup plus importante au pays si l'on se fie aux annonces récentes concernant la poursuite d'un accroissement considérable de la capacité de production.

#### Grandes centrales hydroélectriques

Le Canada est reconnu pour ses vastes ressources hydroélectriques, lesquelles sont réparties dans tout le pays. L'hydroélectricité est une source d'énergie fiable et bien établie; elle représente 57 p. 100 de la production canadienne d'électricité.

Le développement scientifique et technologique en matière de production d'hydroélectricité devrait se poursuivre mais il devrait passer au second plan derrière des domaines de technologie énergétique moins matures. De l'avis général, les sciences et technologies ne modifieront pas en profondeur la situation actuelle des technologies hydroélectriques. Les activités scientifiques et technologiques relatives à la production d'hydroélectricité devraient être axées sur des enjeux spécifiquement canadiens, comme la construction dans les régions où il y a un pergélisol, les effets du froid sur l'équipement et la diminution des coûts d'infrastructure. De plus, la recherche et le développement liés à l'incidence environnementale et sociale de la construction de barrages pourraient mener à l'amélioration de la gestion des centrales hydroélectriques existantes et du processus permettant de décider où et comment seront développées les nouvelles ressources hydroélectriques.

Le Canada devrait déterminer si, compte tenu de leur capacité de stockage d'énergie intrinsèque, les systèmes hydroélectriques pourraient être déployés avec davantage d'efficacité au sein d'un réseau électrique plus « intelligent » : ce réseau ferait au stockage et à la connectivité pour intégrer plus efficacement les différentes sources d'électricité, y compris les autres formes d'énergie renouvelable.

## Énergie éolienne

En raison de sa géographie, le Canada bénéficie d'importantes ressources éoliennes qui pourraient en principe être captées à grande échelle et répondre à un pourcentage appréciable de la demande en électricité de certaines régions du pays. Les technologies actuellement disponibles font de l'énergie éolienne une option viable qui pourrait jouer un rôle de premier plan dans le réseau électrique dans les années à venir.

Compte tenu des coûts et des avantages relatifs à l'énergie éolienne, le Groupe consultatif est d'avis que cette source d'énergie pourrait dans l'avenir constituer une importante composante d'un système énergétique plus écologique au Canada. Des programmes provinciaux et fédéraux de mise en place d'éoliennes et de subventions existent et on constate déjà que, grâce à eux, l'énergie éolienne est de plus en plus utilisée pour produire de l'électricité. L'amélioration de la cartographie et des prévisions de l'énergie éolienne de même que la modélisation techno-économique de la viabilité économique des ressources canadiennes pourraient favoriser l'exploitation efficace des ressources éoliennes. On a récemment annoncé le lancement d'initiatives telles que l'Atlas canadien d'énergie éolienne et l'outil Anémoscope afin de faciliter la mise en place efficace d'un réseau éolien.

À l'échelle internationale, la croissance rapide qu'a connue l'énergie éolienne au cours des dix dernières années a entraîné le regroupement de l'industrie autour de quelques fournisseurs d'éoliennes d'envergure aux États-Unis et en Europe. Il est donc peu probable que le Canada devienne un acteur de premier plan dans le domaine de la conception et du développement d'éoliennes alors que le secteur est déjà en pleine maturité. Néanmoins, les technologies éoliennes se perfectionnent et les entreprises canadiennes pourraient avoir l'occasion de fabriquer certaines composantes des systèmes de nouvelle génération à plus vaste échelle, de créer des applications hors réseau ou de perfectionner les systèmes éoliens afin qu'ils soient mieux adaptés aux températures froides.

Même si les possibilités liées au développement de technologies de l'énergie éolienne ne sont pas suffisamment importantes au Canada pour faire en sorte qu'une attention particulière soit accordée à la recherche et au développement de ces technologies, les gouvernements canadiens devraient adopter l'approche « surveiller et être prêt à agir » : le Canada devrait être prêt à allouer des fonds considérables afin d'encourager la mise au point d'une technologie présentant des chances réalistes de grand succès sur le marché.

## Nouvelles sources renouvelables

Pour les besoins du présent rapport, les nouvelles technologies électriques renouvelables sont définies comme des technologies ayant – pour une raison ou une autre – une part de débouchés relativement modeste sur le marché de l'électricité canadien et international. Bien qu'il y ait des occasions de développer et d'exploiter ces technologies énergétiques renouvelables au Canada, elles ne constituent pas des cibles prioritaires nationales pour les sciences et technologies énergétiques, que ce soit en raison de la qualité des ressources canadiennes, du potentiel technologique canadien ou de la maturité d'une technologie donnée. Toutefois, l'énergie solaire photovoltaïque pourrait représenter une possibilité de recherche de premier ordre au Canada, comme le démontrent les commentaires ci-dessous.

### Énergie solaire photovoltaïque

Le soleil est la plus importante source d'énergie à notre disposition. Étant donné le flux d'énergie moyen provenant du soleil et la limite de rendement théorique s'appliquant à la conversion de l'énergie solaire en électricité, il pourrait un jour être possible que l'énergie solaire réponde à une part appréciable des besoins en électricité sans avoir de grande incidence sur l'environnement.

Même si des progrès considérables ont été réalisés au fil des ans en ce qui concerne les matériaux photovoltaïques, leur efficacité et leur coût les empêcheront d'être concurrentiels par rapport aux sources d'énergie de remplacement en réseau dans un avenir prévisible à moins qu'il y ait une percée majeure dans le domaine de la science des matériaux. Les structures de soutien, le conditionnement de la puissance et le stockage de l'énergie peuvent aussi représenter un pourcentage élevé du coût des systèmes photovoltaïques et réduire la compétitivité des coûts des options solaires.

Il pourrait être nécessaire que le Canada ait des options de stockage de l'énergie solaire efficaces et économiques pour que cette source d'énergie soit utilisée à plus grande échelle. Il existe cependant d'importantes applications à créneaux rentables en matière de d'énergie solaire photovoltaïque, particulièrement dans les environnements hors réseau. Dans l'avenir, des considérations sociales et environnementales pourraient également favoriser le recours à l'énergie solaire.

Le Canada n'est pas un chef de file du développement et de la production de technologies solaires photovoltaïques pour la génération de courant. Cette réalité, ainsi que le coût élevé de la mise en place de ces technologies, amène le Groupe consultatif à conclure

qu'un effort majeur axé sur le développement et la mise en œuvre des technologies solaires photovoltaïques actuelles ne serait pas justifié dans un avenir rapproché. Il y a toutefois une possibilité clé de recherche dans ce domaine. Les atouts du Canada en matière de nanotechnologie et de science des matériaux pourraient permettre aux chercheurs de réduire considérablement le coût des piles solaires et d'en accroître l'efficacité. Étant donné la taille du marché potentiel et les avantages environnementaux offerts par cette source d'énergie, il est justifié de mener des recherches ciblées afin de développer des matériaux de pointe pour les piles solaires. Le Groupe consultatif recommande donc que des fonds soient alloués de manière prioritaire à la recherche ciblant les matériaux photovoltaïques de pointe, comme cela a été mentionné au chapitre 3.

### **Petites centrales hydroélectriques**

Le Canada offre de nombreuses possibilités prometteuses en ce qui concerne la production d'électricité à partir de petites installations hydroélectriques, qui sont habituellement définies comme des centrales d'une capacité inférieure à 5 MW.

Du point de vue scientifique et technologique, les technologies visées sont relativement matures même s'il existe certaines occasions d'améliorer leur efficacité et d'accroître la capacité à reproduire les petites centrales hydroélectriques, ce qui réduirait les coûts et faciliterait la mise en place.

Le Groupe consultatif fait remarquer que les petites centrales hydroélectriques sont à l'étude dans le cadre du Programme d'encouragement à la production d'énergie renouvelable, qui vise à promouvoir une mise en œuvre accrue et à encourager un plus grand nombre de fabricants nationaux de composantes. Dans certaines provinces, il est possible que la réglementation ait eu une incidence négative sur la mise en œuvre et ce problème devrait être examiné.

Les principaux problèmes techniques liés aux petites centrales hydroélectriques sont l'interconnexion au réseau et les problèmes connexes du contrôle, de l'entretien et de la sécurité, des enjeux partagés par d'autres sources d'électricité décentralisées.

### **Électricité géothermique**

La production d'électricité géothermique n'est pas une priorité pour le Canada car la géologie du pays ne permet pas un accès élargi à des sources géothermiques peu profondes et d'autres sources d'approvisionnement sont plus aisément accessibles. Il convient toutefois de souligner que certaines sources peu profondes font actuellement l'objet d'études en Colombie-Britannique.

Le Canada doit veiller à ce que sa capacité politique et technique demeure adéquate afin de pouvoir adopter l'approche « surveiller et être prêt à agir » vis-à-vis la réalisation de progrès dans le domaine de la production d'électricité géothermique à grande échelle. Le Groupe consultatif fait remarquer que la capacité du gouvernement fédéral à effectuer un suivi de la situation des technologies relatives à l'électricité géothermique est restreinte.

Bien que la présente section porte uniquement sur la production d'électricité, le Groupe consultatif estime que le stockage de la chaleur géothermique et les pompes géothermiques représentent un potentiel considérable pour le secteur du bâtiment; ces éléments sont abordés au chapitre 8.

### **Énergie marine**

L'énergie marine vise surtout l'énergie produite par les vagues, l'énergie marémotrice et la capture de l'énergie des courants océaniques. L'énergie marine n'est généralement pas considérée comme une option de premier plan pour le Canada. Son application éventuelle est restreinte dans les régions nordiques et elle est associée à des préoccupations de taille du point de vue de la fiabilité et de l'environnement. Dans de nombreux domaines où l'application pourrait être envisagée, la présence de glace marine et d'icebergs nuirait considérablement à la mise en place de technologies énergétiques marines. La connexion au réseau des petites centrales de production sises au large des côtes constituerait un défi énorme. Du point de vue de l'environnement, des inquiétudes ont été soulevées en ce qui a trait à l'incidence de l'énergie marine sur les écosystèmes littoral et marin. Cependant, à l'instar de l'électricité géothermique, une surveillance générale devrait être maintenue.

## **ÉNERGIE NUCLÉAIRE**

L'énergie nucléaire comprend la fission et la fusion. Actuellement, les activités du Canada en matière d'énergie nucléaire se concentrent surtout sur les technologies de fission. Les recommandations ci-après s'appliquent à la fission, à l'exception de la dernière, qui porte sur la fusion.

La fission nucléaire est une méthode éprouvée qui permet de produire de l'électricité de base à grande échelle en rejetant un minimum d'émissions de CO<sub>2</sub> et autres polluants atmosphériques. En se fondant sur un rapport récent de la Société de gestion des déchets nucléaires, le Groupe consultatif conclut que la question des déchets nucléaires est traitable d'un point de vue technique. Il appuie donc la prise en compte de l'option de l'énergie nucléaire.

Le Canada est le plus important producteur d'uranium au monde. Extrait, broyé et concentré en Saskatchewan, l'uranium est le produit énergétique canadien qui présente la plus grande valeur énergétique à l'exportation. Le Canada a la possibilité d'accroître la valeur de cette ressource brute avant l'exportation grâce à la transformation du combustible, une solution qui multiplierait les avantages économiques pour le Canada.

Le Canada a développé une technologie locale unique en matière de réacteurs nucléaires, le réacteur CANDU, ainsi qu'une industrie de génie nucléaire et de services connexes qui est concurrentielle sur la scène internationale. L'Ontario songe sérieusement à construire de nouveaux réacteurs nucléaires et cette possibilité a aussi été mentionnée dans des déclarations politiques prononcées dans des pays développés comme les États-Unis et la Grande-Bretagne. Si les pays développés prennent un engagement à long terme ferme à l'égard de la réduction des GES, l'importance de l'énergie nucléaire pourrait croître appréciablement; cela serait susceptible de créer des débouchés nationaux et extérieurs relativement importants pour les technologies, l'expertise et les matériaux canadiens.

Énergie atomique du Canada limitée (EACL), une société d'État fédérale, achève actuellement les travaux techniques liés au réacteur CANDU avancé (ACR). EACL espère que la première unité produira de l'électricité d'ici dix ans. À cette phase tardive du développement, le Groupe consultatif croit que ce sont les facteurs politiques et la conjoncture du marché qui détermineront le sort de l'ACR.

En ce qui a trait aux sciences et technologies relatives à l'énergie nucléaire, le Canada s'est joint à l'effort de collaboration international visant à développer des technologies nucléaires de quatrième génération (d'ici environ 2030) connu sous le nom de Génération IV (GEN IV). Bien que les technologies nucléaires de prochaine génération représentent pour le Canada une occasion de miser sur sa capacité nucléaire existante, le Groupe consultatif constate que les sciences et technologies permettant de développer de nouveaux réacteurs sont dispendieuses. Une participation active du Canada au développement d'une nouvelle catégorie de réacteurs qui présenteraient des avantages réels pour le pays pourrait nécessiter de gros investissements pendant une période pouvant aller jusqu'à 20 ans, et même davantage. Compte tenu de cette réalité et de la vaste gamme de facteurs devant être pris en considération lors de l'évaluation des avantages possibles du développement de technologies nucléaires de quatrième génération pour le Canada, le Groupe consultatif estime ne pas avoir les outils nécessaires pour formuler une recommandation concernant la pertinence de considérer la participation du pays à cette prochaine série d'activités de recherche et de développement de réacteurs comme une priorité clé dans le domaine des sciences et

technologies énergétiques. De l'avis du Groupe, il serait justifié que la prochaine génération de sciences et technologies nucléaires canadiennes fasse l'objet d'un examen indépendant et spécialisé. Un tel examen pourrait comprendre l'évaluation des aspects suivants :

- la justification de ce choix ainsi que les coûts et avantages escomptés associés au développement de la technologie GEN IV, notamment :
  - les investissements requis afin que le Canada puisse participer pleinement au développement, à la construction et à la commercialisation des réacteurs nucléaires de quatrième génération;
  - les chances de succès de l'initiative GEN IV, en particulier la conception du réacteur refroidi à l'eau supercritique, qui se rapproche le plus de l'expertise nucléaire canadienne existante et serait probablement au cœur des efforts du Canada en ce qui a trait à GEN IV;
  - les marchés nationaux et internationaux éventuels pour une technologie et des services nucléaires canadiens dans la mesure où la conception GEN IV est une réussite et, par conséquent, les retombées économiques auxquelles le Canada serait raisonnablement en droit de s'attendre par rapport à son investissement;
- le meilleur rôle que pourrait jouer le gouvernement fédéral concernant le soutien à apporter à la conception d'un réacteur de prochaine génération, tout en prenant en considération la possibilité qu'EACL investisse dans l'initiative par l'entremise de ses revenus actuels et à venir;
- les compromis qui devraient être réalisés si des ressources étaient dédiées aux sciences et technologies plutôt qu'à d'autres technologies énergétiques prometteuses.

Le Groupe consultatif insiste sur ce dernier point car il estime que les décisions du gouvernement à l'égard des investissements dans les sciences et technologies relatives à l'énergie nucléaire ne devraient pas être envisagées séparément des autres possibilités d'investissement dans les sciences et technologies énergétiques, comme c'est actuellement le cas au Canada.

Si le gouvernement fédéral décidait de maintenir ou d'accroître le financement dans les sciences et technologies nucléaires, les investissements devraient être garantis pendant plusieurs années, sous réserve de respecter la durée préétablie. Dans le cadre de projets durant plusieurs années, comme le développement d'un réacteur nucléaire, les décisions annuelles relatives au financement entraînent de l'incertitude lors de la planification, ce qui peut mener à une affectation inefficace des ressources et au départ progressif de la main-d'œuvre nécessaire.



Enfin, en ce qui concerne la fusion nucléaire, le Canada a abandonné son programme de fusion nucléaire au cours des années 1990. Pour ne pas limiter les options du pays, un programme de recherche universitaire devrait être mis sur pied afin qu'une expertise puisse être acquise et conservée dans ce domaine et qu'il soit possible de suivre les progrès internationaux. Le secteur pourrait ainsi être éventuellement revitalisé si le Canada décidait de participer activement au développement de technologies de fusion nucléaire.

## TECHNOLOGIE À PLATE-FORME : SYSTÈMES PERFECTIONNÉS DE TRANSPORT, DE DISTRIBUTION ET DE STOCKAGE DE L'ÉLECTRICITÉ



### **DOMAINE PRIORITAIRE : Transport, distribution et stockage de l'électricité**

Le Groupe consultatif est d'avis que pour faire le meilleur usage de ses abondantes ressources productrices d'électricité, le Canada devra s'attarder à développer et à adopter des technologies qui optimisent le transport, la distribution et le stockage de l'électricité. Il faudra tenir compte de certains défis propres au Canada qui sont issus d'une combinaison d'enjeux se rapportant notamment aux infrastructures, à l'intermittence des sources renouvelables, à l'incidence du climat et aux attentes accrues à l'égard de la qualité de l'électricité. Cela permettrait d'améliorer les avantages découlant des ressources électriques existantes et d'augmenter de façon importante l'accès au réseau pour diverses options énergétiques en développement. Il s'agit d'un domaine technologique d'importance dans lequel le Canada peut mettre à profit un solide bassin d'expertise existant. Un facteur clé de réussite dans ce domaine sera une coopération et une coordination plus étroites entre les provinces et le gouvernement fédéral en matière de planification, de recherche et développement et d'adoption de technologies de transport, de distribution et de stockage de l'électricité.

La réussite et la prospérité de nos industries, entreprises et collectivités reposent sur un approvisionnement en électricité stable et sûr. Le Canada peut se targuer de posséder un important capital humain, naturel et physique en lien avec la production, le transport et la distribution d'électricité.

L'infrastructure de transport et de distribution est un système complexe qui est fondamental pour un approvisionnement fiable en électricité. Les nouvelles technologies peuvent réduire les coûts et améliorer la performance et la fiabilité en rendant la distribution d'électricité plus sécuritaire et efficace et en permettant une utilisation plus judicieuse des sources de production d'électricité. Dans l'avenir, les systèmes de transmission et de distribution « intelligents » de même que le stockage de l'énergie seront la clé d'une intégration sécuritaire et efficace de la production décentralisée et de l'électricité provenant des ressources renouvelables intermittentes.

Le système canadien de transport et de distribution est vieillissant et nécessitera d'importantes mesures de mise à jour et de remise à neuf. De plus, la demande commerciale, industrielle et du consommateur est à la hausse pour l'énergie électrique de grande qualité. Ces facteurs représentent une occasion opportune d'employer de nouvelles technologies qui accroîtraient la fiabilité et la fonctionnalité des acquis existants en matière de transport et de distribution d'électricité. Les nouvelles technologies permettraient également au pays de tenir compte de la demande croissante en électricité tout en répondant à des exigences de plus en plus complexes concernant la qualité et la sécurité.

Étant donné ces considérations, le Groupe consultatif est d'avis que trois domaines devraient faire l'objet d'un effort concerté de la part du Canada :

- les technologies « intelligentes » de transport et de contrôle de l'électricité, qui faciliteraient le déploiement optimal de la charge de base et des sources de pointe et intermittentes d'électricité ainsi que les sources décentralisées de production, et qui permettraient d'améliorer la qualité globale de l'électricité;
- les technologies de contrôle visant une intégration sécuritaire des sources d'énergie décentralisées dans le réseau, y compris les énergies renouvelables, ce qui renforcerait la capacité du système;
- les technologies de stockage de l'électricité qui pourrait atténuer la vulnérabilité du réseau électrique, en améliorer la fiabilité et permettre l'intégration économique des sources intermittentes d'énergie renouvelable.

Les limites internationales et interprovinciales sont des facteurs de dissuasion inutiles qui nuisent au développement et à la mise en œuvre de technologies de transport et de distribution de pointe et qui réduisent l'habileté du Canada à utiliser son réseau électrique de la manière la plus efficace qui soit sur les plans environnemental et économique. Une intégration et une optimisation accrues devraient être fortement préconisées lorsque des motifs convaincants justifient cette avenue; ces motifs pourraient être liés à une amélioration de l'approvisionnement, à la stabilité du réseau et aux avantages économiques et environnementaux.

Le capital humain spécialisé nécessaire au renouvellement du réseau électrique connaît actuellement une diminution appréciable, en partie en raison des faibles investissements des secteurs public et privé dans ce domaine au cours des dernières années. Par exemple, l'industrie canadienne de l'électricité n'investit actuellement que 0,59 p. 100 de ses revenus dans la recherche.

À titre d'étape importante pour mieux tirer profit de nos ressources électriques et développer la capacité humaine dans ce domaine, le Groupe consultatif recommande que le gouvernement fédéral collabore avec les gouvernements provinciaux dans le but de créer un institut de recherche sur les systèmes énergétiques qui se spécialiserait en génie des systèmes d'alimentation électrique, conformément à la recommandation formulée par le Groupe au chapitre 3 à propos de la recherche sur les systèmes énergétiques. Un tel programme aurait comme mandat :

- ▶ de trouver les meilleurs usages possibles pour les ressources électriques existantes dans tous les systèmes nord-américains de transport et de distribution afin d'optimiser les avantages fournis aux Canadiens;
- ▶ de repérer les possibilités liées aux nouvelles technologies de production d'électricité et à l'infrastructure prenant en compte la fiabilité, le coût et l'intégrité environnementale;
- ▶ de mettre au point des technologies de système « intelligentes » et des outils d'analyse qui accroîtraient l'habileté du Canada à utiliser ses différentes sources d'énergie efficacement, y compris les sources renouvelables intermittentes, et ce au sein de systèmes viables sur le plan commercial.

Le Groupe consultatif est conscient que la plupart des capacités et pouvoirs requis dans le cadre d'un tel effort appartiennent aux provinces. Il estime néanmoins que le gouvernement fédéral pourrait jouer un important rôle en aidant les principaux services publics et les établissements de recherche à mettre un tel programme sur pied; le gouvernement pourrait aussi fournir un pourcentage considérable de l'investissement requis pour mener un projet si utile à bien.

Un effort coordonné représente une réelle possibilité au Canada compte tenu du nombre relativement peu élevé d'intervenants impliqués dans le transport et la distribution de l'électricité. Même si les gouvernements sont des acteurs de premier plan, un tel institut de recherche devra également obtenir le plein concours des producteurs d'électricité, des organes de réglementation des services publics, des industries oeuvrant dans le domaine de l'électricité et de la collectivité universitaire pour être en mesure de fournir des ressources intellectuelles et financières et des données détaillées à propos du réseau électrique canadien.

# CHAPITRE

# 7

## PILES À COMBUSTIBLE ET HYDROGÈNE

Les technologies relatives aux piles à combustible et à l'hydrogène sont assorties à un grand nombre des systèmes énergétiques déjà décrits dans le présent rapport, et leurs intérêts se chevauchent dans certains domaines importants. Cependant, la portée des applications propres à chacune de ces technologies est beaucoup plus vaste que l'élément qui vient le plus souvent à l'esprit, c.-à-d., les piles à hydrogène.

Il est prévu que les piles à combustible offriront une énergie mobile, portable et fixe plus efficace; elles réussiront en outre à répondre aux demandes du marché et à satisfaire aux besoins environnementaux dans ces domaines. L'hydrogène peut être utilisé comme vecteur énergétique et comme un intrant dans de nombreux procédés chimiques. Le recours répandu à l'hydrogène comme vecteur énergétique constituerait une modification en profondeur de la façon dont le Canada utilise l'énergie et aurait aussi une incidence sur l'environnement.

## PILES À COMBUSTIBLE

### ▶ **DOMAINE PRIORITAIRE : Piles à combustible**

**Sur la scène internationale, le Canada a une position de chef de file en ce qui concerne de nombreuses technologies liées aux piles à combustible, en grande partie grâce à une expertise de grande qualité émanant d'un réseau d'entreprises et d'institutions fort, fécond et novateur. Il est essentiel de conserver et de consolider cette position de chef de file dans un secteur fondé sur le savoir si l'on veut mettre à profit ce marché de plus en plus compétitif et en pleine croissance.**

Le Groupe consultatif trouve admirables la capacité d'adaptation, l'expertise technique et l'esprit d'entreprise du regroupement canadien des piles à combustible. Par exemple, la collectivité des piles à hydrogène et à combustible de Vancouver est fière de compter dans ses rangs des entreprises novatrices qui développent de nouvelles technologies de piles à combustible pour les marchés portable, fixe et du transport. D'autres groupes d'experts existent en Alberta, en Ontario et au Québec. De l'avis du Groupe consultatif, le Canada conserve une position de chef de file mondial en matière de technologies des piles à combustible à membrane échangeuse de protons, une expérience qui peut être mise à profit pour approvisionner ce qui est susceptible de devenir un marché international en pleine croissance. Le Canada peut en outre se targuer de posséder une expertise dans le domaine de l'intégration des systèmes de piles à combustible. Dans l'ensemble, le secteur des piles à combustible et à hydrogène est responsable d'une large part des activités de recherche et de développement liées à l'énergie; ce secteur investit effectivement plus de 200 millions de dollars par année, la majorité de cette somme provenant du secteur privé.

Le Groupe consultatif fait remarquer que le secteur des piles à combustible est axé sur le savoir et se trouve à une phase préliminaire de développement; ses produits sont hétérogènes, tout comme les phases de développement desdits produits. Cette situation contraste avec celle qui prévaut dans les secteurs de l'économie énergétique qui font appel à des technologies pour produire un bien; les mécanismes de financement propres au secteur des piles à combustible devraient prendre cette réalité en compte. Particulièrement, les mécanismes de financement devront probablement correspondre davantage à ceux qui existent dans d'autres secteurs axés sur le savoir, comme les technologies de l'information et des communications et la biotechnologie, qu'aux mécanismes qui sont habituellement en place dans les autres secteurs de l'économie énergétique. La recherche et le développement appuyés par des capitaux gouvernementaux et privés sont actuellement très importants

pour ce secteur, et ils continueront de l'être dans l'avenir. Le fonds de capital de risque pour l'énergie proposé au chapitre 3 pourrait être une bonne façon de réaliser des investissements supplémentaires pour contribuer à la réussite du secteur.

À court terme, certaines entreprises tirent profit de technologies existantes liées aux piles à combustible dans des marchés à créneaux, notamment les véhicules spécialisés et les applications électriques portables. Toutefois, il semble que les perspectives de marché de nombreuses technologies relatives aux piles à combustible se situent à plus long terme et qu'elles soient subordonnées à des développements technologiques additionnels considérables. Dans de tels cas, les ressources devraient plutôt être dirigées vers la recherche fondamentale que vers les sciences et technologies liées aux phases de développement ultérieures, phases qui ont bénéficié d'un soutien gouvernemental important jusqu'à maintenant. En 2003, le gouvernement fédéral a alloué 215 millions de dollars aux sciences et technologies relatives aux piles à combustible et à hydrogène, dont 195 millions de dollars à des activités visant une adoption et une commercialisation à court terme. À l'avenir, le financement gouvernemental devrait être plus représentatif des besoins réels du secteur, lesquels seraient définis en consultation avec des intervenant industriels.

Dans le même esprit, le Groupe consultatif souligne à quel point les activités se rattachant aux véhicules routiers à piles à combustible (VPC) sont importantes pour attirer les investissements et l'expertise dans le secteur des piles à combustible. Des questions ont cependant été soulevées en ce qui concerne l'avenir commercial à court terme des véhicules à piles à combustible. Il est manifeste que la technologie des VPC a enregistré des progrès remarquables au cours des cinq dernières années mais des obstacles techniques de taille doivent encore être surmontés, dont le rendement, la durabilité et le coût des piles à combustible ainsi que la production et le stockage d'hydrogène à bord des véhicules. Ces domaines pourraient bénéficier d'un financement ciblant la recherche en phase préliminaire, comme cela a été mentionné au chapitre 3. Le secteur pourrait effectivement trouver utile de distinguer clairement les ambitions plus lointaines en matière de VPC et les autres technologies de piles à combustible, dont les perspectives plus claires pourraient être réalisées à court terme.

Enfin, le Groupe consultatif reconnaît que plusieurs entreprises et laboratoires canadiens effectuent des recherches novatrices sur des technologies relatives aux piles qui pourraient entrer en concurrence avec les applications des piles à combustible – ou être un complément à celles-ci. Les technologies de pointe prometteuses en matière de piles devraient recevoir du soutien mais, comme la principale expertise de recherche dans ce domaine se trouve hors du Canada, les piles ne sont pas considérées comme une priorité scientifique et technologique clé.

## PRODUCTION, STOCKAGE ET DISTRIBUTION D'HYDROGÈNE

L'hydrogène est un élément chimique polyvalent qui réagit avec la plupart des autres éléments et fait partie d'une multitude de composés chimiques. Il peut être produit à partir de plusieurs sources d'énergie primaires, par l'entremise de l'électrolyse de l'eau, par exemple, ou en tant que sous-produit d'un procédé chimique. Bien qu'il s'agisse de l'élément le plus abondant dans l'univers, il est difficile de produire de l'hydrogène seul en grande quantité. Lorsqu'il est combiné à de l'oxygène, il peut servir à produire de l'énergie utile et son utilisation n'entraîne virtuellement aucune pollution atmosphérique. La production, le transport et le stockage de l'hydrogène font appel à des technologies relatives à plusieurs des domaines prioritaires identifiés dans le présent rapport, dont la gazéification, la capture et le stockage du CO<sub>2</sub> et le stockage de l'électricité.

L'hydrogène est actuellement surtout utilisé dans les industries pétrolières et chimiques. Les méthodes existantes visant à produire de l'hydrogène pour ces industries entraînent des émissions de CO<sub>2</sub> considérables. Il faudra que des progrès marqués soient réalisés dans plusieurs domaines liés à la production d'hydrogène avant que les piles à hydrogène deviennent une option viable pour les véhicules routiers. Toutefois, les piles à combustible peuvent être alimentées par un autre élément que l'hydrogène, et ce dernier pourrait éventuellement être utilisé dans d'autres domaines que celui des véhicules à pile à hydrogène, y compris les moteurs à combustion interne, le transport de marchandises et l'aviation. Le Groupe consultatif souligne toutefois que l'utilisation à grande échelle de l'hydrogène comme source d'énergie pour le transport entraînerait un important changement de cap au sein de l'infrastructure énergétique.

La recherche fondamentale sur les technologies de transformation de l'hydrogène relatives à la production et au stockage est essentielle si l'on veut que l'hydrogène réalise son potentiel, c.-à-d., le stockage et l'utilisation d'énergie sans émissions nuisibles tout au long du cycle de vie. La production économique et écologique d'hydrogène pourrait devenir une réalité par l'entremise :

- ▶ de la production d'hydrogène à partir de combustibles fossiles grâce à des méthodes comme la gazéification, en association avec le stockage géologique du dioxyde de carbone ainsi produit, ou la gazéification de la biomasse résiduelle;
- ▶ de technologies qui améliorent considérablement les avantages économiques et l'efficacité de la production d'hydrogène au moyen d'eau et de sources d'électricité n'émettant pas de CO<sub>2</sub>;

- du développement de technologies novatrices liées à la production d'hydrogène, notamment la production directe d'hydrogène au moyen d'eau et de la lumière du soleil, de même que de procédés biologiques permettant la décomposition de matières organiques en hydrogène et autres sous-produits.

La première option correspond à la nécessité d'un effort ciblé dans l'Ouest canadien en ce qui a trait à la gazéification des combustibles fossiles et à la capture et au stockage du CO<sub>2</sub>, comme cela a été décrit au chapitre 5, « Combustibles à base de carbone ». Les deux autres options n'ont pas une portée géographique aussi précise et des fonds ciblés devraient leur être affectés pour des activités de recherche au stade préliminaire, tel qu'il est indiqué au chapitre 3.

Le Canada est présentement un chef de file mondial des technologies mobiles et portables de stockage de l'hydrogène. Ceci dit, le stockage de l'hydrogène en vue d'une utilisation mobile à bord d'un véhicule présente encore de nombreux défis. Pour que les véhicules routiers à piles à hydrogène puissent concurrencer d'autres technologies automobiles de pointe et offrir des avantages appréciables sur le plan de l'environnement, il faudra que de vastes progrès soient réalisés en matière de stockage d'hydrogène à haute densité, de faible poids et peu coûteux. Des recherches fondamentales ciblées seraient aussi utiles dans ce domaine.

Il faut souligner à quel point la production et la gestion à grande échelle de l'hydrogène sont importantes pour le secteur pétrolier. Ce secteur connaîtra une forte croissance et aura davantage besoin d'hydrogène; il recourra à des technologies de production matures de même qu'aux nouvelles technologies de pointe qui seront lancées. L'expertise canadienne en matière de distribution d'hydrogène est bien établie et le Canada a donc la possibilité d'acquérir une plus vaste expérience de l'infrastructure de l'hydrogène applicable à des usages spécialisés, comme le développement de codes et de normes pour la distribution et le ravitaillement en hydrogène.

Enfin, au Canada chaque année, les procédés industriels produisent approximativement 200 kt d'hydrogène qui restent inutilisées; d'un point de vue énergétique, cela équivaut à environ 800 millions de litres d'essence. Le fait de définir d'autres possibilités d'utiliser cet hydrogène sur place pour des applications de pointe comme les piles à combustible et les moteurs à hydrogène à combustion interne permettrait de mettre lesdites applications à l'essai dans des conditions réelles. Si l'hydrogène remplaçait les combustibles à base de carbone dans ces régions, l'impact environnemental en serait également atténué.



# CHAPITRE

# 8

## TECHNOLOGIES DE POINTE LIÉES À L'UTILISATION FINALE DE L'ÉNERGIE

**L**es modes d'utilisation des ressources énergétiques sont aussi importants que les méthodes servant à les produire et à les transporter. La consommation canadienne d'énergie se fait dans les maisons et les bâtiments, les industries et les transports. Les sciences et technologies sur lesquelles reposent les structures, les systèmes, les services et l'équipement propres aux secteurs d'utilisation finale sont des éléments essentiels qui permettront aux Canadiens d'utiliser l'énergie intelligemment.

Les secteurs d'utilisation finale se composent en général de technologies diffuses et d'utilisateurs disparates confrontés à des obstacles sociaux, économiques et réglementaires qui retardent l'adoption des nouvelles technologies. Par conséquent, dans les secteurs d'utilisation finale, les sciences et technologies devraient surtout viser à renseigner le mieux possible les consommateurs et à assurer que les technologies existantes qui accroissent les avantages économiques et environnementaux seront adoptées. Les activités recommandées comprennent : l'orientation des initiatives de recherche vers les domaines susceptibles d'avoir la plus grande incidence sur l'utilisation de l'énergie; les travaux ayant pour but d'approfondir la compréhension des obstacles qui nuisent à l'adoption; les initiatives qui font en sorte que les avantages des nouvelles technologies sont efficacement communiqués au public.

Les sciences et technologies offrent un formidable potentiel en matière d'utilisation finale de l'énergie; elles pourraient aider le Canada à atteindre les objectifs environnementaux et économiques décrits au chapitre 4. Cependant, le large éventail de technologies, de possibilités, d'obstacles et d'intervenants liés à l'utilisation de l'énergie fait en sorte qu'il est difficile d'identifier les technologies qui offriraient le meilleur rendement aux Canadiens.

Le Groupe consultatif souligne toutefois que même si les comportements humains et le lien entre ceux-ci et l'adoption des technologies dans les secteurs d'utilisation finale sont d'une importance capitale, ces aspects sont malheureusement méconnus. Il est donc nécessaire d'utiliser les sciences sociales appliquées pour mieux comprendre la façon dont les humains interagissent avec la technologie et comment ils prennent des décisions concernant l'utilisation de l'énergie et les technologies énergétiques. Le Groupe a donc formulé une recommandation prioritaire à ce sujet, qui est décrite en détail à la fin du présent chapitre.

## COLLECTIVITÉS

L'infrastructure collective comprend des bâtiments, des réseaux de transport, des systèmes de chauffage et d'électricité et de l'équipement consommateur d'énergie. Les choix relatifs à la conception, à la construction et à la reconstruction des collectivités peuvent avoir une grande incidence sur l'utilisation collective de l'énergie. Dans les collectivités, l'utilisation de l'énergie est tributaire de la conception de chaque service qui la compose ainsi que de la façon dont les composantes et les systèmes interagissent lorsque les utilisateurs prennent des décisions au quotidien. Les méthodes de réduction de la consommation d'énergie les plus prometteuses sont déjà connues des collectivités canadiennes, notamment le chauffage à distance et les systèmes de production combinée électricité-chaaleur.

À l'échelle des collectivités, l'accent devrait être mis sur la communication, l'éducation et d'autres mécanismes de soutien visant à assurer que le public soit renseigné sur les technologies et les pratiques de pointe et soit en mesure de prendre des décisions plus éclairées.

Des recommandations portant plus précisément sur les bâtiments, l'industrie et les transports sont présentées dans leurs sections respectives ci-après.

## BÂTIMENTS

Le secteur des bâtiments est important pour les Canadiens. Les gens passent la majeure partie de leur temps dans des bâtiments, qu'ils soient commerciaux, institutionnels ou résidentiels. Les bâtiments consomment plus de 31 p. 100 de toute l'énergie utilisée au Canada.

De nombreuses technologies existantes peuvent améliorer de façon économique la manière dont l'énergie est utilisée dans le secteur des bâtiments mais elles sont rarement adoptées. Parmi les options disponibles, mentionnons l'amélioration des outils de contrôle, des matériaux, de la conception et de l'équipement dans les maisons et les bâtiments commerciaux. Deux exemples de ce type de technologies sont le chauffage solaire (actif et passif) et les pompes géothermiques, qui pourraient être utilisés dans des bâtiments et des maisons de plusieurs régions du pays afin de réduire les coûts et d'améliorer la performance environnementale. Les avantages potentiels associés à l'utilisation de ces technologies sont appréciables; le véritable défi consiste à éliminer les obstacles à leur mise en œuvre.

Pour favoriser la mise en œuvre des technologies existantes, le Groupe consultatif recommande l'élaboration d'un cadre de travail soutenant leur adoption grâce à des codes, des règlements, des incitatifs et des initiatives éducatives. Les paramètres du cadre doivent comprendre trois éléments clés. Premièrement, dans le but de faire connaître les succès remportés par les technologies et pratiques énergétiques, le cadre devrait prévoir un moyen de diffuser les informations appropriées aux décideurs, entre autres les constructeurs, les architectes, les propriétaires et les locataires. Les analyses du cycle de vie ainsi que d'autres renseignements visant à mieux informer les décideurs constitueraient un aspect clé de ce travail. Deuxièmement, le cadre devrait permettre de renseigner les gens de métier et les professionnels à propos de l'importance de l'efficacité énergétique. Troisièmement, le cadre de travail devrait préciser qu'en définitive, des réglementations telles que les normes qui s'appliquent aux électroménagers et les codes du bâtiment devraient prendre en considération le coût du cycle de vie des technologies et faire la promotion des mesures éconergétiques. Les réglementations devraient en outre être modifiées au fil du temps afin de tenir compte de l'évolution des technologies et des pratiques.

Même s'il est difficile de mettre en œuvre les technologies du bâtiments existantes, le Groupe consultatif estime que, compte tenu des possibilités liées à l'utilisation plus efficace de l'énergie, le financement des sciences et technologies énergétiques devrait être considérablement accru dans le secteur des bâtiments. À l'exclusion d'investissements dans des programmes faisant la promotion de l'efficacité énergétique, les dépenses sont actuellement très restreintes dans ce domaine — environ 10 millions de dollars par année; un accroissement des ressources pourrait entraîner une importante réduction de la consommation d'énergie car les technologies les plus rentables et les plus faciles à mettre en œuvre pourraient ainsi être développées. Il serait judicieux que des experts déterminent à quelles activités les fonds pourraient être affectés mais le Groupe consultatif est d'avis que les domaines suivants tireraient parti d'un financement ciblé : la mise à l'essai et le développement de nouvelles technologies; le suivi et l'évaluation des technologies et systèmes de pointe utilisés dans des conditions réelles; les technologies pour les températures froides qui sont bien adaptées au climat canadien; le développement de technologies efficaces pouvant être intégrées de manière homogène aux systèmes de bâtiment existants.

Les démonstrations représentent également un outil important pour promouvoir l'adoption des technologies énergétiques efficaces dans les bâtiments canadiens. Elles devraient être utilisées pour faire connaître à l'industrie et aux utilisateurs les nouvelles technologies efficaces, les usages novateurs de technologies existantes et la mise à l'échelle réussie des technologies. Comme cela a été mentionné au chapitre 3, les démonstrations ne devraient pas servir de vitrine aux technologies qui ont peu de chances d'être mises en œuvre avec succès à l'échelle commerciale.

## INDUSTRIE

Les secteurs industriels sont extrêmement importants pour l'économie canadienne. Des secteurs comme les mines, la métallurgie, les pâtes et papiers et la fabrication consomment 38 p. 100 de l'énergie utilisée au Canada. La plupart de cette énergie est consommée par un petit nombre de sous-secteurs énergivores. Les profils de consommation d'énergie et les besoins technologiques des utilisateurs industriels varient mais certaines technologies générales – par exemple, les moteurs, l'éclairage et les instruments d'optimisation qui repèrent la chaleur à basse température pouvant être récupérée – se retrouvent dans tous les secteurs industriels.

Comme l'industrie canadienne est très hétérogène, il est impossible de recourir à une approche uniformisée pour faciliter l'adoption des technologies. Les activités scientifiques et technologiques devraient être orientées vers les sous-secteurs qui sont les plus importants pour le Canada, et vers les technologies et procédés susceptibles d'améliorer l'efficacité énergétique. Il est nécessaire de pouvoir compter sur des paramètres appropriés pour identifier les domaines à cibler et les secteurs dans lesquels les sciences et technologies offriraient le meilleur potentiel pour l'obtention d'avantages; ces paramètres pourraient comprendre l'importance relative du domaine ou du secteur pour l'économie canadienne.

Il existe un grand nombre de technologies et de mesures d'optimisation de l'énergie qui sont prêtes à être mises en œuvre mais qui ne sont pas adoptées car les taux de rentabilité fixés par les entreprises énergivores sont très élevés pour les nouveaux projets. Des risques inhérents sont aussi associés au remplacement d'une pratique connue par une autre qui n'est pas encore éprouvée, particulièrement lorsque la compétitivité et la continuité de la production représentent des enjeux importants.

Les politiques et les investissements ayant pour but d'améliorer l'efficacité énergétique des secteurs industriels sont importants car ils ont une incidence marquée sur la consommation totale d'énergie mais ils devraient cependant être axés sur l'adoption et la mise en œuvre. Parallèlement aux réglementations et aux codes, des investissements axés sur la mise en œuvre pourraient générer la combinaison d'attraction des besoins et de poussée technologique requise pour aider l'industrie canadienne à continuer d'améliorer son efficacité énergétique et sa performance environnementale.

Dans les secteurs particulièrement énergivores, un effort ciblé visant à trouver des solutions scientifiques et technologiques viables pourrait avoir une incidence positive appréciable. Il existe un certain nombre de groupes de recherches commandités par l'industrie et d'organismes de coopération publics-privés, comme le Programme d'économie d'énergie dans l'industrie canadienne (PEEIC), et ceux-ci pourraient être utilisés pour accroître l'intérêt et les investissements dans les recherches qui ciblent l'utilisation industrielle de l'énergie.

## TRANSPORTS

Le secteur des transports consomme 28 p. 100 de l'énergie utilisée au Canada; il comprend le transport ferroviaire, marin, aérien et routier.

Traditionnellement, le secteur canadien des transports a adapté et adopté les sciences et technologies internationales en matière de transport et il est peu probable que cette tendance change significativement. L'objectif du Canada devrait donc être d'identifier les secteurs à créneaux forts dans lesquels les Canadiens pourraient participer à l'amélioration générale de l'efficacité énergétique et à la réduction des émissions dans le domaine du transport.

Un domaine qui s'avère particulièrement prometteur pour le Canada est le transport de marchandises, y compris le transport ferroviaire, marin et routier. Au Canada, le transport de marchandises représente 40 p. 100 de la consommation d'énergie liée au transport (en comparaison avec 30 p. 100 aux États-Unis) et la consommation du secteur des marchandises croît à un rythme beaucoup plus rapide que celle des secteurs du transport de passagers et du transport hors route. De plus, la géographie canadienne pose des défis uniques en raison de l'étendue et de la portée du transport de biens, aussi bien au pays qu'à l'extérieur des frontières. Enfin, le transport de marchandises peut avoir une grande incidence sur la qualité de l'environnement à l'échelle locale. L'expertise des Canadiens en science des matériaux et en génie pourrait être appliquée aux véhicules faisant le transport de marchandises. De la même façon, l'expertise canadienne en matière d'aérospatiale et de matériaux de pointe pourrait servir de base à un approfondissement des activités scientifiques et technologiques relatives à la consommation d'énergie dans le transport aérien.

En ce qui concerne le secteur des transports dans son ensemble, les programmes gouvernementaux qui y sont liés semblent grandement fragmentés et beaucoup trop dispersés. Il serait utile de les soumettre à un examen, de les rationaliser et de les axer sur quelques domaines clés, notamment le transport de marchandises. Compte tenu de la taille, de l'importance et du rôle de chef de file des programmes de transport américains, il serait avantageux que les initiatives et programmes canadiens soient alignés sur ceux des États-Unis car cela permettrait de minimiser les chevauchements, d'orienter les efforts et d'identifier les domaines dans lesquels le Canada pourrait concentrer ses activités.

## PLATE-FORME D'UTILISATION FINALE PERFECTIONNÉE : SCIENCES SOCIALES APPLIQUÉES



### **DOMAINE PRIORITAIRE : Sciences sociales appliquées**

Il existe souvent de nombreux obstacles au développement et à l'adoption de technologies d'utilisation finale novatrices, et les obstacles sociaux sont fréquemment aussi impérieux que les obstacles techniques et économiques. Il serait utile d'avoir une meilleure compréhension de ces enjeux sociaux afin d'accroître la probabilité que de nouvelles technologies énergétiques soient mises en œuvre, d'orienter le processus d'élaboration de politiques et d'améliorer la prestation des programmes de sciences et technologies énergétiques. Le Groupe consultatif recommande de lancer un vaste programme de recherche en sciences sociales appliquées visant à mieux comprendre les décisions des particuliers et des organismes en ce qui a trait à l'achat de technologies énergétiques d'utilisation finale et aux schémas d'utilisation subséquents de ces technologies.

L'étude de la dimension humaine de l'utilisation de l'énergie au Canada permettrait de mieux comprendre pourquoi les investissements dans l'efficacité énergétique sont beaucoup plus faibles que ce à quoi on pourrait logiquement s'attendre. Somme toute, une meilleure compréhension des comportements humains liés à l'adoption et à l'utilisation des technologies viendrait appuyer toutes les activités de développement et de mise en œuvre relatives aux sciences et technologies éconergétiques, de la recherche appliquée préliminaire jusqu'aux programmes de démonstration et de mise en place.

Les sciences sociales appliquées relatives à l'efficacité énergétique présentent de l'intérêt en ce qui concerne l'utilisation finale dans les bâtiments, les collectivités, les transports et l'industrie. L'application d'une pensée systémique à l'égard de l'utilisation finale permettrait d'identifier les enjeux communs qui pourraient être pris en compte dans différents secteurs. De nombreux domaines se prêtent à l'exploration, y compris : l'étude des processus décisionnels en vigueur dans les bâtiments commerciaux présentant des relations complexes entre le propriétaire et les locataires; l'analyse du coût du cycle de vie des nouvelles options technologiques; la compréhension de la perception du risque chez les décideurs des secteurs d'utilisation finale; l'examen des obstacles qui empêchent les Canadiens d'accroître leur utilisation de déchets en tant que source d'énergie intéressante; l'examen de l'adoption des technologies au niveau des collectivités, etc.

Il faut souligner que les secteurs d'utilisation finale comptent de nombreux décideurs, notamment, dans le secteur du bâtiment, un propriétaire, un financier, un locataire, un responsable du fonctionnement ainsi qu'une entité responsable des règlements. Comme le nombre d'intervenants devant donner leur aval pour que la technologie soit adoptée peut être élevé, les aspects sociaux des technologies liées à l'utilisation finale de l'énergie sont d'une importance fondamentale.

Les Canadiens continueront dans l'avenir de prendre de multiples décisions concernant les petits et grands investissements dans l'énergie. Le fait de mieux comprendre les facteurs sociaux fera en sorte que le débat public sur les choix énergétiques et leur incidence possible sera plus transparent. Il est essentiel de savoir quels facteurs influencent ces choix afin que les intervenants du rôle public puissent soutenir avec plus d'efficacité les décisions éclairées accordant la préférence aux technologies énergétiques présentant le maximum d'avantages pour la population, que ce soit du côté des particuliers ou des collectivités.

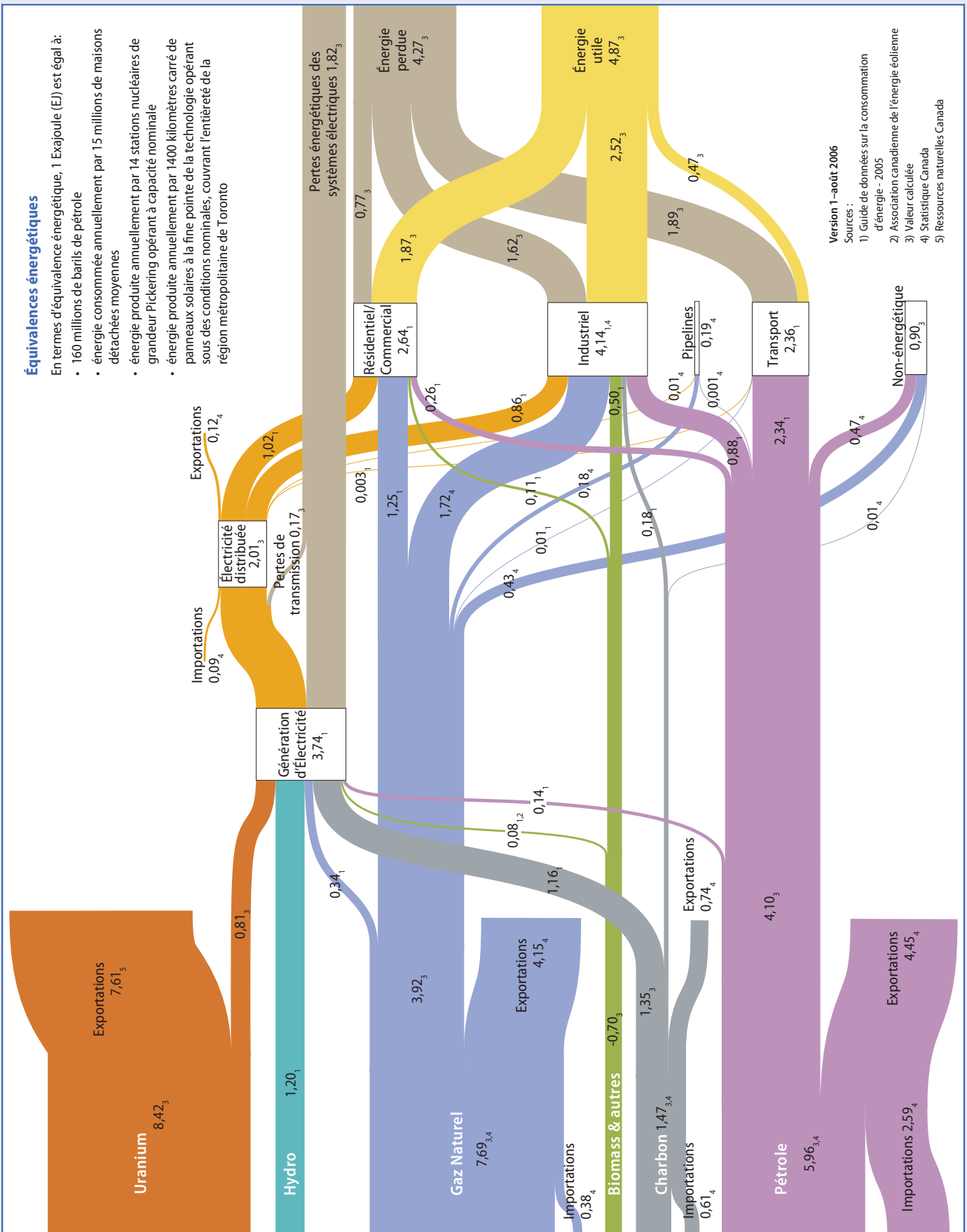


# FLUX ÉNERGÉTIQUE DU CANADA - 2003 (unités en exajoules)

## Équivalences énergétiques

En termes d'équivalence énergétique, 1 Exajoule (EJ) est égal à :

- 160 millions de barils de pétrole
- énergie consommée annuellement par 15 millions de maisons détachées moyennes
- énergie produite annuellement par 14 stations nucléaires de grandeur Pickering opérant à capacité nominale
- énergie produite annuellement par 1400 kilomètres carré de panneaux solaires à la fine pointe de la technologie opérant sous des conditions nominales, couvrant l'entièreté de la région métropolitaine de Toronto



Version 1-août 2006  
 Sources :  
 1) Guide de données sur la consommation d'énergie - 2005  
 2) Association canadienne de l'énergie éolienne  
 3) Valeur calculée  
 4) Statistique Canada  
 5) Ressources naturelles Canada

## ► BIOGRAPHIES

### **Angus Bruneau (président)**

En 1987, Angus Bruneau a fondé Fortis Inc., société mère de la Newfoundland Power, et préside actuellement son conseil d'administration. Membre fondateur du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (1978 à 1983 et 1995 à 2002), il a aussi été professeur ainsi que doyen fondateur de la Faculté de génie de l'Université Memorial de Terre-Neuve. Il est actuellement administrateur, tant au sein de Petro-Canada que du Groupe SNC Lavalin inc., d'Inco limitée, de l'Institut canadien de la santé infantile, de la Fondation canadienne pour l'innovation et de Technologie du développement durable Canada. Il est aussi membre de l'Institut canadien des ingénieurs, de l'Académie canadienne du génie et de l'Institut arctique de l'Amérique du Nord. Il est officier de l'Ordre du Canada et a reçu la médaille d'or du Conseil canadien des ingénieurs. M. Bruneau est titulaire d'un doctorat en génie de l'Université de Londres et possède des diplômes honorifiques de l'Université Memorial de Terre-Neuve et de l'Université Dalhousie.

### **Denis Connor**

Denis Connor est président du conseil d'administration de QuestAir Technologies Inc., une société qui développe et fabrique du matériel de purification pour l'hydrogène et d'autres gaz. Il a été le président-fondateur de QuestAir Technologies Inc. et a été son président-directeur général de 1998 à 2002. Il est directeur d'Angstrom Power Inc., une entreprise spécialisée dans les micropiles à combustible, pour laquelle il a été président et président-directeur général de 2003 à 2005. Auparavant, il a dirigé pendant deux ans le Conseil des sciences de la Colombie-Britannique puis a commencé à offrir des conseils aux nouvelles entreprises technologiques et a siégé au conseil d'administration de plusieurs de ces sociétés. Tôt dans sa carrière, il a travaillé aux Bell Laboratories d'AT&T et aux laboratoires de recherche de Northern Telecom. À partir de 1976, il a ensuite travaillé 12 ans chez MacDonald Dettwiler and Associates Ltd, à diverses fonctions de direction. M. Connor est titulaire d'un doctorat en génie électrique de l'Université de la Colombie Britannique. Il est membre du groupe consultatif qui conseille le premier ministre de Colombie-Britannique en matière de technologie.

**John C. Fox**

John C. Fox est administrateur délégué de Perseus, LLC. Auparavant, il a occupé divers postes chez Ontario Hydro, notamment celui de chef de l'exploitation chez Ontario Power Generation. En 30 ans de carrière, il a aussi assumé plusieurs responsabilités en ingénierie, en gestion et en prestation de conseils. M. Fox a dirigé le groupe de travail sur l'efficacité énergétique relevant de la commission sur la qualité de l'environnement du président Bush. Il siège aux conseils d'administration de l'Alliance to Save Energy, de la Beacon Energy Corporation, de la NxtPhase T&D Corporation, de Soft Switching Technologies, Incorporated, de la Serveron Corporation, de Nexus EnergyGuide, Incorporated, de Puralube, Incorporated et est administrateur du Clean Power Operating Trust. M. Fox a aussi siégé au comité consultatif sur la restructuration de l'électricité au Costa Rica (président), à l'American Council for an Energy Efficient Economy (administrateur), au Conseil des entreprises pour le développement durable (membre associé), à la Table ronde de l'Ontario sur l'environnement et l'économie et au comité consultatif sur les pluies acides de l'Environmental Protection Agency des États-Unis.

**Daniel Kammen**

Daniel Kammen est professeur distingué en énergie de la classe de 1935 à la University of California, Berkeley, où il est chargé d'affectations au sein du Energy and Resources Group, de la Goldman School of Public Policy et du département de génie nucléaire. Il est codirecteur du Berkeley Institute of the Environment et directeur fondateur du Renewable and Appropriate Energy Laboratory at Berkeley (RAEL). Les travaux du professeur Kammen portent surtout sur les sciences et le génie des énergies renouvelables, l'efficacité énergétique, les politiques énergétiques nationales et internationales, les débats internationaux liés au climat et l'utilisation et les répercussions des sources d'énergie et des technologies énergétiques sur le développement, particulièrement en Afrique et en Amérique latine. Il est l'auteur de plus de 200 mémoires de recherche et énoncés de politique de même que du livre *Should We Risk It?* Il est fréquemment invité dans les médias en tant que commentateur sur les questions énergétiques et environnementales. Le professeur Kammen a obtenu son baccalauréat en physique à la Cornell University (1984) et sa maîtrise et son doctorat en physique à l'Université Harvard (1986 et 1988). Il siège au conseil d'administration du Utility Reform Network et au Conseil d'examen technique du Fonds pour l'environnement mondial. Il est également conseiller technique auprès de la Union of Concerned Scientists et membre permanent de l'Académie africaine des sciences.

### **David Keith**

David Keith est professeur et effectue également des recherches multidisciplinaires sur des problèmes liés à l'énergie et aux changements climatiques. La plupart de ses travaux sont axés sur la capture et le stockage du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), y compris des travaux techniques concernant les risques du stockage géologique, et il est président d'un comité multidisciplinaire du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Le professeur Keith est membre de plusieurs comités et groupes consultatifs, dont celui chargé de l'étude *Transitions to Sustainable Energy Systems* de l'InterAcademy Council, et il est membre siégeant à des comités de la U.S. National Academy. Les recherches plus générales du professeur Keith portant sur l'énergie et le climat et abordent les répercussions sur l'économie et le climat de la production d'énergie éolienne à grande échelle, l'utilisation de l'hydrogène comme carburant pour le secteur des transports et la technologie et les répercussions de la géoingénierie. Le professeur Keith a rédigé de nombreux articles pour des revues scientifiques telles que *Science et Nature*. Il a agi en tant que consultant pour des gouvernements de plusieurs pays, l'industrie et de nombreux groupes environnementalistes. Il a aussi accordé des entrevues à la radio et à la télévision aux États-Unis et au Canada. Il est revenu au Canada en 2004 pour occuper un poste à l'Université de Calgary, où il dirige un groupe de recherche sur les systèmes énergétiques et environnementaux.

### **Patrick Lamarre**

Patrick Lamarre est président-directeur général de SNC-Lavalin nucléaire inc. (anciennement Canatom NPM Inc.), une composante du Groupe SNC-Lavalin inc. Il est entré à Canatom en 2004. M. Lamarre est un ingénieur chimiste comptant plus de 11 ans d'expérience dans l'industrie. Son expérience englobe le financement de projets, la gestion de l'exploitation, la conception de projets, l'ingénierie et la participation à de grands projets dont la valeur totale est supérieure à un milliard de dollars. Il est entré au service de SNC-Lavalin inc. en 1995 et a travaillé aux bureaux de Montréal et de Toronto ainsi qu'à des projets au Chili, à Cuba, au Venezuela et en Australie.

**Jacques G. Martel**

Jacques G. Martel est directeur principal de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec et président du conseil d'administration d'OURANOS, un consortium québécois se consacrant aux changements climatiques et à l'adaptation aux changements climatiques. Il a occupé les postes de directeur de la Valorisation de la technologie à Hydro-Québec, de directeur général d'Énergie Capital Innovation (une société de capital de risque), de directeur général de l'Institut des matériaux industriels du Conseil national de recherches du Canada, de vice-président et de directeur technique général de la Société de recherche SNC, filiale de la société d'ingénierie montréalaise SNC-Lavalin et de directeur du centre de recherche INRS-Énergie, un centre universitaire d'enseignement et de recherche dans le domaine de l'énergie et des matériaux. M. Martel est titulaire d'un doctorat en génie nucléaire du Massachusetts Institute of Technology et possède un diplôme en génie physique de l'École Polytechnique de Montréal. Il a également étudié la gestion de l'innovation au California Institute of Technology. Il est membre de l'Ordre des ingénieurs du Québec.

**Ken McCready**

Ken McCready siège à titre de conseiller principal en matière de politiques au sein du Conseil canadien de l'énergie. Il a eu une longue carrière dans les domaines de l'énergie classique, de l'énergie de remplacement et de l'élaboration de projets de grande envergure – plus récemment, dans le cadre de ses fonctions au sein des jeunes entreprises d'énergie de biomasse et, auparavant, à titre de président-directeur général de TransAlta Corporation. Il est directeur d'EnCana Corporation, de Computer Modelling Group Ltd. et de Biosphere Technologies Inc., et président de Nexterra Energy Corp. En outre, M. McCready est président du Conseil consultatif de Ressources naturelles Canada en science-technologie pour les énergies et membre du Conseil consultatif des sciences et de la technologie relevant du premier ministre. Il a également occupé les postes suivants : président de la Table ronde sur l'environnement et l'économie de l'Alberta, président du Conference Board du Canada, membre du Comité consultatif sur l'environnement d'Asea Brown Boveri, du Comité consultatif sur l'environnement de Dow Chemical Corporation et du World Business Council for Sustainable Development.

### **Patrice Merrin Best**

Patrice Merrin Best est présidente-directrice générale de Luscar Ltd., le plus grand producteur de charbon thermique au Canada et un chef de file de l'industrie en matière de sécurité et de productivité. Luscar exécute actuellement des recherches appliquées novatrices sur les nouvelles technologies du charbon épuré. Avant de se joindre à Luscar, une coentreprise du Conseil du Régime de retraite des enseignantes et des enseignants de l'Ontario et de la Sherritt International Corporation, elle travaillait chez Sherritt, depuis 1994, notamment à titre de vice-présidente administrative et directrice de l'exploitation, de 1999 à 2004. Elle est membre de la Table ronde nationale sur l'environnement et l'économie, administratrice de l'Alberta Energy Research Institute, présidente d'Energy INet et membre du Conseil consultatif sur l'industrie du charbon du International Energy Association.

### **Laurier Schramm**

Laurier L. Schramm est professeur et président-directeur général du Conseil de recherches de la Saskatchewan. Il a aussi été vice-président de l'énergie au Conseil de recherches de l'Alberta et président-directeur général du Petroleum Recovery Institute. En plus de son travail en gestion des affaires et en leadership, il compte plus de 25 ans d'expérience en recherche et développement dans les domaines du colloïde, de l'interface dans les sciences du pétrole et il a reçu d'importants prix nationaux pour ses travaux. Il s'est surtout fait connaître par ses recherches fondamentales et appliquées concernant les applications à l'industrie pétrolière des suspensions, émulsions, mousses et agents de surface. Il possède une expérience considérable en matière de gestion de la recherche et du développement, est professeur titulaire auxiliaire et a donné des cours universitaires et industriels dans son domaine, tant au Canada qu'à l'échelle internationale. Il détient 17 brevets, a publié 8 livres, plus de 300 documents scientifiques et rapports exclusifs et a présenté plus de 130 exposés scientifiques à l'échelle nationale ou internationale lors de séances plénières ou à titre de conférencier invité. Plusieurs de ses inventions ont été adoptées dans le commerce.

