



# Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible

---

Canada

PRICEWATERHOUSECOOPERS 

 Fuel Cells Canada™



La voiture NeCar5 de DaimlerChrysler est alimentée par une pile à méthanol direct.

On peut obtenir cette publication sur supports multiples, sur demande. Communiquer avec le Centre de diffusion de l'information dont les coordonnées suivent.

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de cette publication, s'adresser également au :

Centre de diffusion de l'information  
Direction générale des communications et du marketing  
Industrie Canada  
Bureau 268D, tour Ouest  
235, rue Queen  
Ottawa (Ontario) K1A 0H5

Téléphone : (613) 947-7466  
Télécopieur : (613) 954-6436  
Courriel : [publications@ic.gc.ca](mailto:publications@ic.gc.ca)

Cette publication est également offerte par voie électronique sur le Web: <http://strategis.ic.gc.ca/electrique>

Pour obtenir de plus amples informations à propos de la Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible, veuillez contacter:

Annie Desgagné  
Industrie Canada  
2000 - 300, rue Georgia ouest  
Vancouver, (C.-B.) V6B 6E1

Téléphone : (604) 666-1426  
Télécopieur : (604) 666-8330  
Courriel : [desgagne.annie@ic.gc.ca](mailto:desgagne.annie@ic.gc.ca)

#### Autorisation de reproduction

À moins d'indication contraire, l'information contenue dans cette publication peut être reproduite, en tout ou en partie et par quelque moyen que ce soit, sans frais et sans autre permission d'Industrie Canada, pourvu qu'une diligence raisonnable soit exercée afin d'assurer l'exactitude de l'information reproduite, qu'Industrie Canada soit mentionné comme organisme source et que la reproduction ne soit présentée ni comme une version officielle ni comme une copie ayant été faite en collaboration avec Industrie Canada ou avec son consentement.

Pour obtenir l'autorisation de reproduire l'information contenue dans cette publication à des fins commerciales, faire parvenir un courriel à [copyright.droitdauteur@communication.gc.ca](mailto:copyright.droitdauteur@communication.gc.ca).

No de catalogue C1-10/2003F  
IU 44-2/2003E  
ISBN 0-662-33769-7  
53903F

Also available in English under the title Canadian Fuel Cell Commercialization Roadmap.



Contient 30 p.100 de  
matières recyclées

# Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible

*Mars 2003*

---

Canada

PRICEWATERHOUSECOOPERS 

 Fuel Cells Canada™

# Message de l'industrie

Dans le monde entier, l'industrie des piles à combustible et celle de l'hydrogène sont sur le point de déboucher sur d'importantes améliorations en matière d'efficacité, d'émissions de gaz à effet de serre, de pollution urbaine et de qualité de vie. Pour le Canada, voilà une occasion extraordinaire de tirer parti de la position dominante de ses entreprises sur la scène internationale pour réaliser ces améliorations, mais cela exigera du secteur privé comme du gouvernement qu'ils fassent preuve sans délai d'un leadership dynamique.

La publication de cette carte routière est un premier pas important en ce sens. Pour la première fois, l'industrie, le gouvernement et le monde universitaire ont uni leurs efforts pour déterminer les barrières à franchir et les étapes à suivre pour commercialiser les technologies liées à l'hydrogène et aux piles à combustible. La relation entre ces différents protagonistes a été consolidée et élargie et une base a été établie en vue d'accroître la coopération. Nous remercions tous les protagonistes de l'industrie, du gouvernement et du monde universitaire qui ont participé au projet, fournissant temps et efforts pour en arriver à cet excellent rapport.

Nous savons précisément ce que nous devons faire. De concert avec le gouvernement, nous devons élaborer une stratégie nationale globale pour faire face aux problèmes non résolus, déterminer quelles sont les ressources publiques et privées requises pour atteindre cet objectif, et établir un calendrier et trouver une façon de mesurer clairement les progrès réalisés.

D'importantes questions demeurent non résolues. Pour obtenir les résultats escomptés, les nouvelles technologies de ravitaillement en combustible et de production électrique — la pile à combustible — doivent arriver sur le marché à peu près au même moment. Ces deux types de technologie se heurtent à une concurrence féroce de la part de technologies existantes bien établies. De plus, les nouvelles technologies dépendent grandement du secteur privé, c'est pourquoi il importe de trouver un moyen de financer directement les besoins continus en matière de recherche et de développement.

Le soutien offert à l'industrie doit être ciblé, direct et soutenu. Il n'existe pas de solution miracle pour cette science, et les gains ne seront pas obtenus à court terme. Les entreprises de l'industrie des piles à combustible ont déjà pris conscience du rôle primordial que peut jouer le gouvernement en offrant du financement complémentaire aux milliards de dollars investis par le secteur privé. Nous sommes prêts à prendre les prochaines mesures qui s'imposent pour la mise en œuvre de nos projets.

Il n'est pas surprenant de constater que les principales conclusions de cette carte routière sont semblables à celles qui ont été dégagées dans d'autres pays. Cela dit, la situation du Canada est particulière parce que les entreprises canadiennes possèdent déjà la base des nouvelles technologies, alors que d'autres pays prennent d'importantes mesures pour rattraper leur retard.

À cet égard, les gouvernements des pays de l'UE, du Japon et des États-Unis se sont engagés à investir plus de 7 milliards de dollars au cours des trois à cinq prochaines années. Ces pays comprennent que sans l'appui massif des gouvernements, les nouvelles technologies ne peuvent être concurrentielles compte tenu de l'importance considérable qu'occupent actuellement les installations et technologies existantes sur les marchés, ni ne peuvent attirer

l'investissement privé tant essentiel à l'accélération de leur croissance et de leur adoption. Le dernier rapport consacré aux piles à combustible présenté au Congrès par le Département de l'Énergie des États-Unis en février 2003 indique clairement cette réalité :

L'industrie investit massivement dans le développement et la mise en œuvre des systèmes de piles à combustible. Son objectif est d'offrir aux consommateurs une technologie propre et à haut rendement énergétique offrant d'aussi bons, voire de meilleurs, résultats que les produits offerts sur le marché, à prix concurrentiel. Toutefois, d'importantes barrières techniques et institutionnelles doivent être franchies. En raison des coûts et des risques élevés associés à l'abolition de ces barrières, on ne peut s'attendre qu'une entreprise ou qu'un regroupement d'entreprises de l'industrie puisse faire les énormes investissements qui seraient requis.

Où en sommes-nous? Les entreprises canadiennes sont des chefs de file mondiaux pour ce qui est de nombreuses facettes de ces nouvelles technologies, allant de la production et du stockage d'hydrogène au développement de piles à combustible et de postes d'essai. Des produits sont déjà offerts sur le marché, notamment en ce qui concerne les systèmes d'alimentation portables et d'alimentation d'appoint. La technologie n'est plus du domaine de l'imaginaire : elle est ici, maintenant! En tant que porte-parole de cette nouvelle industrie stimulante, nous pensons que le Canada est dans la meilleure position qui soit pour exploiter ces progrès et en retirer des avantages pour le plus grand profit de l'ensemble des citoyens. Que les résultats se présentent sous forme de nouveaux emplois à forte valeur ajoutée, de revenus d'exportation ou, surtout, d'amélioration de la qualité de l'air et d'atténuation des conséquences du réchauffement de la planète, le Canada, grâce aux engagements qu'il a pris tôt pour soutenir ces technologies, est l'un des chefs de file de demain. La base solide d'entreprises canadiennes de premier plan sur le marché international place le Canada parmi les acteurs principaux dans ce domaine aujourd'hui et offre un très large éventail de technologies qui pourront être exploitées dans l'avenir.

Nous désirons remercier les nombreux délégués de l'industrie, du gouvernement et du monde universitaire qui ont participé à l'élaboration de la carte routière, qui fait ressortir les avantages d'une large collaboration continue. Grâce à cette carte routière, nous avons déterminé pour la première fois les étapes de la commercialisation que doivent franchir les entreprises canadiennes. C'est avec grande impatience que nous attendons les discussions à venir avec le gouvernement fédéral en vue de la mise en place d'un plan détaillé pour la réalisation de nos objectifs.

Nous vous encourageons à lire ce document, à prendre note des recommandations qu'il contient, et à agir.

Veillez agréer, Madame, Monsieur, mes salutations distinguées,

Ronald W. Britton  
Président et chef de la direction  
Piles à combustible Canada



# Message du gouvernement

Les technologies associées aux piles à combustible peuvent avoir des retombées bénéfiques pour le Canada. Ces technologies sont susceptibles d'améliorer la qualité de l'air que nous respirons, de réduire les émissions responsables du changement climatique et de jouer un rôle important dans l'atteinte de nos objectifs en matière de réduction de nos émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du Protocole de Kyoto. Les piles à combustibles offrent des possibilités illimitées - de l'alimentation des véhicules à celle des hôpitaux ainsi que le chauffage des maisons. Grâce au développement continu de ce secteur en expansion, le Canada sera en mesure de prendre des mesures importantes qui nous permettront d'atteindre nos objectifs environnementaux et économiques.

Nous sommes d'ores et déjà un chef de file reconnu dans ce domaine, avec plusieurs entreprises canadiennes sur le devant de la scène qui travaillent à faire profiter les Canadiens et le reste du monde des bienfaits des piles à combustible.

La Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible est une étape essentielle de la mise sur le marché de ces technologies de pointe et du soutien de la compétitivité globale des entreprises canadiennes spécialisées dans ce domaine. La préparation de ce document nous a permis d'établir de solides relations entre tous les partenaires travaillant sur les piles à combustible - l'industrie, les gouvernements et les universités.

Le Carte routière offre une voie permettant d'accélérer la commercialisation à grande échelle de la technologie des piles à combustible par les entreprises canadiennes. La mise en œuvre immédiate des recommandations formulées dans ce document est essentielle au maintien de notre position de chef de file mondial.

Nous désirons souligner les efforts et l'engagement de tous les participants qui ont contribué à la rédaction de cet excellent rapport. Grâce à notre partenariat de longue date avec l'industrie et la communauté scientifique, le Canada demeurera un chef de file mondial de ce créneau technologique.



# Table des matières

<b>Sommaire</b> .....	3
<b>Introduction</b> .....	9
Les piles à combustible et le changement climatique .....	10
Intérêt croissant pour les piles à combustible .....	12
Création de la Carte routière sur la commercialisation .....	13
<b>Technologie des piles à combustible</b> .....	15
Infrastructure de ravitaillement en combustible .....	16
État actuel de la technologie .....	16
<b>Profil de l'industrie canadienne des piles à combustible</b> .....	17
L'industrie canadienne .....	17
Grappes industrielles .....	21
Concurrents étrangers .....	24
<b>Intervenants</b> .....	27
Industrie des piles à combustible .....	27
Secteur public .....	28
Milieu universitaire .....	29
<b>Marchés</b> .....	31
Phases du marché .....	33
Position actuelle des entreprises canadiennes sur le marché des piles à combustible .....	34
Leviers du marché .....	36
Utilisations et utilisateurs des produits .....	45
<b>Défis inhérents à la commercialisation</b> .....	47
<b>Stratégies et mesures</b> .....	51
<b>Conclusion</b> .....	69
<b>Tableaux</b>	
Tableau 1 Étapes de la commercialisation pour une entreprise type de l'industrie des piles à combustible .....	34
Tableau 2 Produits actuels : entreprises canadiennes de l'industrie des piles à combustible .....	36
Tableau 3 Marchés des piles à combustible et principaux leviers .....	37
Tableau 4 Défis et jalons de la commercialisation des piles à combustible .....	49
Tableau 5 Stratégies de commercialisation des piles à combustible pour la démonstration et les marchés initiaux .....	54
Tableau 5a Nécessité d'une politique publique et d'une stratégie nationale sur les piles à combustible .....	68
<b>Annexes</b>	
I. Membres du comité directeur et des groupes de travail .....	73
II. Réunions du comité directeur et des groupes de travail — 2002 .....	75
III. Fonctionnement d'une pile à combustible et types de piles à combustible .....	77
IV. Profil des entreprises de l'industrie canadienne des piles à combustible .....	79



C'est avec succès que les autobus alimentés par les piles à combustible de Ballard® ont complété un programme de démonstrations d'une durée de deux ans qui a pris fin en l'an 2000. Au cours de ces démonstrations, qui se sont déroulées à Chicago dans l'Illinois aux États-Unis et à Vancouver en Colombie-Britannique au Canada, les autobus ont transporté plus de 200 000 passagers sur une distance de plus de 118 000 kilomètres (73 000 milles).

# Sommaire

La Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible est un processus de planification engagé sous la direction de l'industrie, avec l'appui du gouvernement du Canada et facilité par Industrie Canada. Elle vise à accélérer les activités de commercialisation à grande échelle des entreprises de l'industrie canadienne des piles à combustible.

De nombreux chefs de file de cette industrie, du secteur public et du milieu universitaire ont participé et aidé à l'élaboration de cette carte routière, étape déterminante pour cerner les défis de commercialisation et choisir les stratégies et les mesures qui permettront aux intervenants canadiens de les surmonter.

La Carte routière réitère l'importance d'une collaboration étroite entre le secteur public, l'industrie et le milieu universitaire pour que le Canada maintienne sa position dominante et bénéficie des nombreuses retombées économiques, sociales et environnementales éventuelles de la technologie des piles à combustible.

## Occasions à saisir

Les piles à combustible et les produits connexes représentent un marché gigantesque. Selon les projections, la demande mondiale atteindra 46 milliards de dollars d'ici 2011 et pourrait dépasser 2,6 billions en 2021<sup>1</sup>.

Le Canada est un chef de file mondial de la recherche-développement (R-D) sur la technologie des piles à combustible et de l'hydrogène — qui englobe la plupart des types de piles à combustible, les composants et les systèmes connexes, l'intégration de systèmes, les systèmes de ravitaillement et le stockage du combustible, les services de génie et les services financiers.

On compte actuellement à l'échelle du Canada 17 entreprises dont la principale activité ou le principal objectif réside dans la production de piles à combustible ou l'intégration de systèmes. En outre, quantité d'autres entreprises exercent des activités dans le secteur, en fournissant des produits ou services à l'industrie ou en aménageant l'infrastructure de ravitaillement.

<sup>1</sup> Piles à combustible Canada et PricewaterhouseCoopers, *Fuel Cells — The Opportunity for Canada*, juin 2002.

Il est permis de croire que la région de Vancouver — où sont établis un grand nombre d'entreprises, de fournisseurs de produits et services de l'industrie des piles à combustible ainsi que des sociétés qui se spécialisent dans l'aménagement de l'infrastructure de ravitaillement —, abrite la plus forte concentration de savoir-faire dans le monde. Des grappes d'entreprises de cette industrie sont également en plein essor dans les régions de Calgary, de Toronto, de Kingston et de Montréal.

Toutefois, rien ne garantit que le Canada demeurera à l'avant-garde de cette industrie nouvelle. L'efficacité supérieure de la technologie des piles à combustible et les avantages qui en découlent sur le plan environnemental et social attirent l'attention, de même que les investissements des gouvernements et des industries de la plupart des pays industrialisés.

D'autres pays ont accéléré leurs investissements en apportant une aide grâce à des politiques et à des programmes ciblés et à des alliances stratégiques regroupant des entreprises et des établissements de recherche. À l'échelle mondiale, mentionnons notamment les investissements suivants :

**États-Unis** L'administration fédérale a l'intention d'affecter 2,7 milliards de dollars au cours des cinq prochaines années à la R-D sur l'hydrogène, les piles à combustible et les technologies automobiles de pointe<sup>2</sup>.

**Communauté européenne** La Communauté européenne prévoit investir 3,3 milliards de dollars entre 2003 et 2006 dans le domaine de l'énergie renouvelable, principalement pour l'hydrogène et les piles à combustible.

**Japon** Le gouvernement a l'intention de consacrer plus de 380 millions de dollars par an à la R-D sur les piles à combustible et à leur commercialisation.

Le Canada doit intensifier son activité et accroître ses investissements pour demeurer un chef de file mondial.

Le moment est venu de passer à l'action. Un engagement et un investissement immédiats de la part de l'industrie et du gouvernement sont essentiels pour permettre au Canada de tirer parti de sa position dominante sur le marché.

La technologie des piles à combustible présente pour le pays des possibilités formidables. Elle améliorera la compétitivité globale de l'économie canadienne en créant de nombreux emplois axés sur le savoir, de nouvelles possibilités pour d'autres secteurs industriels clés et une plateforme pour accroître les exportations de grande valeur.

Grâce à l'exportation de la technologie des piles à combustible ainsi que de produits et d'applications connexes, le Canada peut par ailleurs jouer un rôle de premier plan dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale et contribuer par le fait même à la quasi élimination des polluants urbains, à la réduction des coûts de santé et à l'amélioration de la qualité de vie de la population des grandes villes du monde.

### Défis à surmonter et mesures à prendre

En matière de commercialisation, l'industrie canadienne des piles à combustible se heurte à plusieurs défis de taille. Pour surmonter ces défis communs à l'industrie dans son ensemble, peu importe le produit, le marché visé ou le stade de développement, tous les intervenants devront mener une action concertée. Par ailleurs, comme la plupart des défis sont interdépendants, il faut les affronter simultanément.

<sup>2</sup> À moins d'indication contraire, tous les montants d'argent mentionnés dans le présent rapport sont exprimés en dollars canadiens de 2003. Ceux qui étaient à l'origine en dollars américains ont été convertis en dollars canadiens selon un facteur de 1,57.

La présente Carte routière fait état de stratégies et de mesures propres à relever chaque défi. Dans la plupart des cas, il convient de considérer ces mesures uniquement comme un point de départ, qui doit être suivi d'un plan de mise en œuvre abordant chaque mesure plus en détail.

**Il faut agir maintenant.  
L'engagement immédiat du  
gouvernement et de  
l'industrie est impératif pour  
capitaliser sur la position  
dominante dont jouit le  
Canada sur le marché.**

## Stimuler la demande sur les marchés initiaux

Le prix élevé des nouveaux produits offerts par l'industrie des piles à combustible — qui reflète les coûts de production supérieurs liés aux faibles volumes de production — crée un obstacle pour les acheteurs potentiels. Les coûts de production et, par le fait même, les prix baisseront lorsque le volume de production s'accroîtra sous l'effet de la demande. Plus vite cette demande sera générée, plus vite l'industrie pourra réduire les coûts et avoir ainsi accès à de nouveaux marchés.

### Défis

**Sensibiliser davantage les marchés**

**Mieux connaître les marchés**

### Mesures

- Créer des projets de démonstration permettant de faire connaître la technologie des piles à combustible, de valider la fiabilité des produits et la production, d'améliorer la robustesse des produits et d'obtenir les données nécessaires à leur commercialisation.
- Élaborer des programmes d'information s'adressant aux artisans de la politique, aux fournisseurs de services, aux consommateurs et aux étudiants.
- Créer des programmes pour encourager l'achat de produits sur les marchés initiaux ainsi que pour réaliser des analyses comparatives, permettre la démonstration publique de la technologie et procurer rapidement à l'industrie des recettes essentielles à leur essor.

## Améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts

Pour rivaliser avec les technologies en place qui sont largement acceptées et constamment perfectionnées, l'industrie des piles à combustible doit améliorer la qualité des produits et réduire les coûts de production. La qualité des produits englobe la performance, la fiabilité et la durabilité. Par ailleurs, la réduction des coûts exigera à la fois le développement de matériaux, de produits et de procédés ainsi que des études de conception. Pour favoriser l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement, les entreprises spécialisées dans la conception de piles à combustible et l'intégration de systèmes doivent normaliser les spécifications des composants. Il faut par ailleurs encourager les fournisseurs à offrir sur les marchés initiaux des services de conception, de génie et de maintenance d'une importance cruciale pour les entreprises spécialisées dans la conception et l'intégration de systèmes ainsi que pour les premiers utilisateurs.

### Défis

**Continuer d'améliorer la qualité des produits**

**Continuer de réduire le coût des produits**

**Créer une chaîne d'approvisionnement coordonnée pour  
les systèmes de piles à combustible**

### Mesures

- Cerner les obstacles en matière de performance et de coûts des produits et élaborer des stratégies pour les surmonter.
- Stimuler la R-D concertée sur les matériaux, le coût des composants et la

normalisation des produits; intégrer les plans ou les procédés de production pour les principaux éléments de coût, afin de réduire le coût des produits.

- Mener des projets de démonstration pour étayer les propositions de coût et de valeur en matière de performance en milieu opérationnel et créer une base de données permanente sur la performance avérée des piles à combustible.
- Créer une tribune sur la chaîne d'approvisionnement en vue d'élaborer un mécanisme de partage d'information technique entre les concepteurs et les fournisseurs de piles à combustible et le milieu de la recherche. Cet échange contribuera à stimuler l'innovation et un investissement accru dans la conception de composants; à obtenir l'aval de l'industrie sur les points de référence et les normes de performance appropriés; à mettre en évidence les lacunes de la chaîne d'approvisionnement; à élaborer des stratégies pour améliorer les capacités canadiennes; et à mettre au point des programmes pour réduire le coût des composants.

### Financement

Il faut trouver des approches ingénieuses en matière de financement afin d'assurer aux entreprises de l'industrie l'accès aux ressources financières dont elles auront besoin à chacune des étapes de la commercialisation des produits. Le coût à assumer pour accroître la portée et l'ampleur des activités de production et de marketing sollicite gravement les ressources financières dont disposent la plupart des participants de l'industrie.

#### Défi

##### Avoir accès au capital

#### Mesures

- Créer des stimulants financiers pour les produits et services de l'industrie des piles à combustible dans le but de réduire le profil de risque inhérent aux investissements nécessaires dans la capacité de fabrication.
- Trouver des partenaires et s'associer à eux pour les activités de développement, notamment pour explorer la possibilité de renforcer les grappes d'entreprises d'une région afin de stimuler leur développement; offrir des stimulants fiscaux pour encourager la R-D; et réserver des fonds de contrepartie pour les investissements.

### Créer des infrastructures de soutien

Pour certaines applications des piles à combustible — en particulier dans le secteur des applications mobiles —, il faudra aménager les infrastructures de soutien, notamment en ce qui a trait à la disponibilité de main-d'œuvre qualifiée, à l'établissement de normes et de codes qui permettent d'adopter sans risque des applications des piles à combustible et se prêtent à l'interconnectivité; ainsi que, au besoin, à l'aménagement d'une infrastructure de ravitaillement.

## Défis

**Bénéficiaire d'une main-d'œuvre qualifiée**  
**Aménager une infrastructure de ravitaillement**  
**Établir des normes et des codes**

## Mesures

- Élaborer une stratégie en matière de main-d'œuvre, afin de disposer d'un bassin suffisant de main-d'œuvre qualifiée pour l'industrie des piles à combustible; élaborer des politiques et des critères relatifs aux besoins en formation; et entreprendre une analyse nationale des professions pour cerner les domaines où il y a risque de pénurie de compétences lorsque l'industrie se développera.
- Exiger que les projets de démonstration des piles à combustible et les achats initiaux par le secteur public comprennent un volet consacré à la formation.
- Élaborer du matériel de formation à l'intention des étudiants de niveau postsecondaire, des enseignants, des établissements d'enseignement et des technocentres.
- Faire la démonstration de solutions en matière d'infrastructures de ravitaillement.
- Faire en sorte que le Canada joue un rôle de premier plan dans l'établissement de normes et de codes pour le combustible, les piles à combustible et les systèmes de ravitaillement.

## La prochaine étape : des efforts concertés

Les intervenants qui ont participé à l'élaboration de la présente Carte routière conviennent que le gouvernement et l'industrie doivent unir leurs efforts pour appuyer les projets de démonstration, offrir des possibilités aux premiers acheteurs et assurer le leadership afin de surmonter les défis inhérents à la commercialisation des piles à combustible au Canada.

Plus précisément, il convient de concerter les efforts pour :

- élaborer au cours de l'exercice à venir une stratégie nationale sur les piles à combustible, qui reflète l'engagement commun de tous les principaux intervenants (voir le tableau 5);
- désigner les porte-parole parmi les principaux intervenants, qui continueront de promouvoir l'industrie canadienne des piles à combustible;
- renseigner le gouvernement et les autres premiers utilisateurs sur les avantages à long terme des piles à combustible et les raisons pour lesquelles ils devraient faire la démonstration ou l'achat de produits de l'industrie des piles à combustible;
- appuyer la R-D, le développement de produits et leur mise en marché initiale.

Les mesures dont fait état la présente Carte routière constitueront les principaux éléments d'une stratégie nationale sur les piles à combustible. L'industrie s'engage à collaborer avec le gouvernement et le milieu de la recherche pour élaborer cette stratégie nationale et partager le coût de mise en œuvre des mesures proposées.

Il faut élaborer cette stratégie dès maintenant et prendre des mesures de toute urgence. En plus de favoriser l'essor d'une industrie canadienne des piles à combustible viable, ces mesures aideront le Canada à atteindre ses objectifs en matière de lutte contre le changement climatique, de santé, de développement durable et d'innovation.



Module d'alimentation de Vandenberg Hydrogen et Stuart Energy

# Introduction

Les cartes routières sur les technologies et les activités de commercialisation ayant trait au changement climatique sont au nombre des cinq initiatives du programme Changement climatique, développement de technologies et innovation. Doté d'un budget de 19 millions de dollars, ce volet du Plan d'action 2000 du gouvernement du Canada sur le changement climatique vise les grands objectifs suivants :

- accélérer la mise au point de technologies rentables d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES);
- élargir la base de connaissances pour ouvrir la voie à des progrès technologiques à long terme;
- former des alliances et des partenariats pour aider à planifier et à faire progresser la recherche et le développement (R-D).

Ces mesures aideront le Canada à s'acquitter de ses engagements internationaux aux termes de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et à stimuler l'innovation au pays.

Les applications des piles à combustible et de l'hydrogène peuvent par ailleurs aider le Canada à respecter ses obligations aux termes du Protocole de Kyoto, ratifié en 2002. Tout indique que ces applications se révéleront l'une des rares solutions globales à long terme pour réduire les émissions de GES et la pollution attribuables au secteur des transports, en plus de contribuer grandement à réduire les émissions provenant de systèmes stationnaires de production d'énergie.

Dans le monde entier, les systèmes de piles à combustible retiennent de plus en plus l'attention en tant que source d'énergie pratique pour un éventail d'applications stationnaires, portables et mobiles. Les piles à combustible offrent des avantages considérables :

- efficacité d'exploitation à charge partielle et dans toutes les configurations de puissance;
- peu de pièces mobiles comparativement aux moteurs à combustion interne et possibilité de fiabilité supérieure, de maintenance moindre et de durée de vie plus longue;
- conception modulaire, gage de souplesse pour la fabrication en ce qui a trait à la puissance et à l'efficacité;
- utilisation de différents combustibles, par exemple, l'hydrogène, le gaz naturel, le méthanol, le propane et l'essence;
- production d'énergie moins polluante, moins bruyante et plus efficace que les moteurs à combustion interne ou les centrales ordinaires;

Selon les estimations de Ressources naturelles Canada, le potentiel de réduction des GES s'établit à 4,2 tonnes par an pour un véhicule moyen (dans l'hypothèse où le gaz naturel sert à la production de l'hydrogène). Bref, en remplaçant la totalité des 17 millions de véhicules en service au Canada, l'on réduirait les émissions de 71 millions de tonnes par an (équivalent CO<sub>2</sub>). Il faudra beaucoup de temps pour obtenir un tel résultat, mais aucune autre approche en matière de transports ne permettrait de l'atteindre.

- émissions nulles ou faibles, selon le combustible utilisé;
- possibilité de chauffage, de climatisation et de production d'énergie combinés, ce qui accroît d'autant plus l'efficacité de la production d'énergie.

Les pays qui réussiront à se doter d'une industrie des piles à combustible viable bénéficieront d'avantages considérables.

- L'industrie des piles à combustible est un secteur à forte valeur ajoutée, axé sur l'innovation.
- Dans les pays où elle prendra son essor, elle favorisera une économie vigoureuse axée sur la technologie, ainsi qu'une main-d'œuvre scolarisée possédant des compétences de pointe.
- La R-D et les premiers produits de l'industrie des piles à combustible créent de nouveaux domaines de connaissances et de savoir-faire ce secteur et ses fournisseurs et ouvrent la voie à d'éventuelles retombées technologiques.
- On voit poindre de nouveaux débouchés considérables sur les marchés d'exportation pour les piles à combustible, les composants connexes (BOP) et l'équipement requis pour l'infrastructure de ravitaillement, ainsi qu'en matière de propriété intellectuelle.
- Des partenariats stratégiques sont formés, regroupant des entreprises qui ont reconnu les avantages et le potentiel des piles à combustible sur le marché, dans des secteurs industriels bien établis (automobile, pétrole et gaz, services publics, électronique), de même que dans de nouveaux secteurs (p. ex., la microtechnologie).
- Ces partenariats, qui transcendent les frontières géographiques, se traduisent par la formation de co-entreprises et d'alliances qui créent des emplois et stimulent l'investissement dans l'économie.
- La dépendance à l'égard des installations de production centralisée d'électricité et des importations de pétrole dans les pays tributaires de ces importations diminue, ce qui a pour effet d'accroître la sécurité énergétique.

## Les piles à combustible et le changement climatique

La technologie des piles à combustible est considérée comme une solution viable et non polluante, appelée à remplacer toutes les applications du moteur à combustion interne et d'autres technologies courantes d'alimentation en énergie.

En ce qui a trait aux émissions de GES, les piles à combustible représentent une nette amélioration par rapport aux moteurs à combustion interne. Celles alimentées à l'hydrogène ne produisent aucune émission de GES. Même si l'on tient compte de toutes les étapes entre l'extraction et l'utilisation, la réduction des émissions de GES peut atteindre 50 p. 100 par rapport à la technologie des moteurs à combustion interne, selon la source d'hydrogène.

L'une des seules solutions globales à long terme pour réduire les émissions de GES et la pollution attribuables au secteur des transports consiste à opter pour les piles à combustible et l'énergie tirée de l'hydrogène, lesquelles contribueront par ailleurs grandement à réduire les émissions découlant des systèmes stationnaires de production d'énergie. Ces technologies cruciales aideront le Canada à respecter ses obligations en vertu du Protocole de Kyoto, ratifié en 2002.

Polyvalente, la technologie des piles à combustible peut avoir des applications stationnaires ou en matière de production décentralisée (production combinée de chaleur et d'électricité pour les immeubles résidentiels et commerciaux, alimentation sans interruption (ASI) pour les entreprises de télécommunications et commerciales, alimentation d'appoint et génératrices de secours), appareils de production d'électricité portables (ASI, micropiles à combustible, groupes auxiliaires de puissance) et mobiles

(automobiles, camions, autobus et autocars, véhicules de transport industriel et véhicules utilitaires). Déjà commercialisées ou sur le point de l'être, les applications stationnaires et portables peuvent représenter une première contribution à la réduction des émissions de GES du Canada.

Ces premières applications stimuleront par ailleurs davantage le développement des piles à combustible et de méthodes de production plus efficaces ainsi que de matériaux de pointe, de systèmes électroniques de puissance, de technologies de production d'hydrogène, de systèmes de stockage et de composants connexes (BOP). Il s'en suivra une réduction appréciable des coûts, une réduction plus rapide des émissions de GES et un plus grand éventail d'applications commerciales des piles à combustible, grâce auquel on assistera à une croissance exponentielle des retombées au chapitre des GES à mesure que les consommateurs se tourneront vers les piles à combustible pour remplacer leurs anciennes sources d'énergie peu efficaces provenant des combustibles fossiles.

C'est en remplaçant les moteurs à combustion interne dans le secteur des transports que les piles à combustible offrent les plus grandes possibilités en matière de réduction des émissions de GES. Avec 27 p. 100 des émissions<sup>3</sup>, le secteur des transports constitue la principale source d'émissions de GES au Canada. Nombre de pays industrialisés, dont l'Allemagne, le Japon et les États-Unis, ont créé des programmes portant sur les piles à combustible pour respecter leur engagement à atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de GES ou pour lutter contre la pollution et améliorer ainsi l'état de santé de leur population. Mentionnons notamment les programmes FreedomCAR aux États-Unis, Fuel Cell Partnership en Californie, Next Energy Strategy au Michigan, CUTE Fuel Cell Bus en Europe ainsi que WE-NET Hydrogen Technologies and Fueling Infrastructure au Japon. La R-D visant à réduire les coûts et à appuyer les projets de démonstration est un élément clé de tous ces programmes.

On peut avoir recours à l'hydrogène ou à différents hydrocarbures gazeux et liquides pour alimenter les piles à combustible. Les systèmes de traitement des combustibles en vue de leur reformage servent à produire de l'hydrogène à partir d'hydrocarbures, comme le gaz naturel, le méthanol, l'éthanol, l'essence ou la houille. En outre, l'électrolyse permet de produire de l'hydrogène à partir de l'eau en utilisant de l'électricité verte ou non polluante issue de ressources renouvelables.

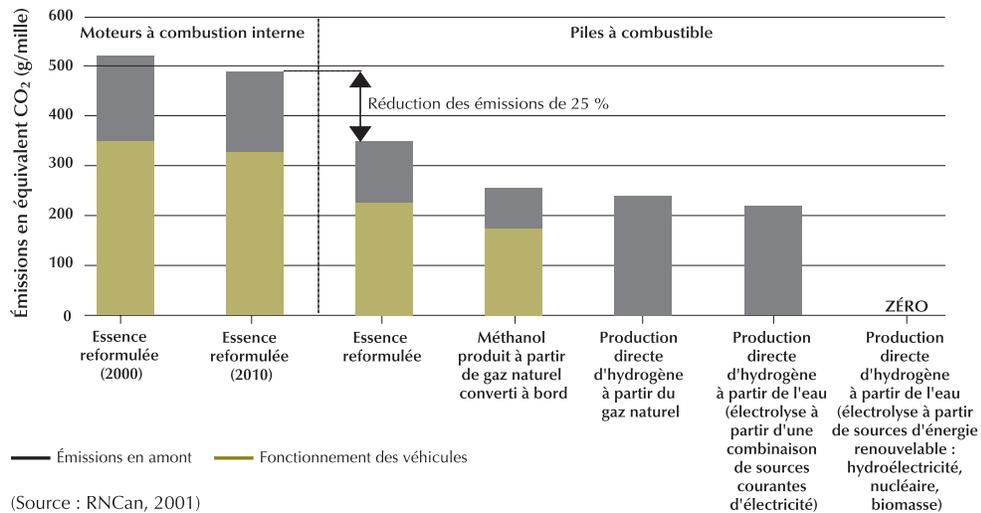
Alors que l'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'hydrogène ne permet pas d'éliminer complètement les émissions, le reformage associé à la technologie des piles à combustible peut tirer parti de l'infrastructure de ravitaillement en combustible en place et se traduire par d'importantes améliorations environnementales comparativement aux systèmes à moteur à combustion interne. Ce virage est considéré comme un tremplin important pour la création d'une économie axée sur l'hydrogène.

En exportant la technologie des piles à combustible ainsi que les produits et les applications qui en découlent, l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène peut jouer un rôle mondial déterminant dans la réduction des émissions de GES et de la pollution. En offrant des solutions aux problèmes associés à la pollution et au changement climatique dans d'autres pays, elle peut créer des crédits d'émissions pour le Canada. La quasi élimination des polluants et des émissions en milieu urbain réduira les coûts liés aux soins de santé et améliorera la qualité de vie de la population dans les grandes villes du pays et du monde entier.

Par ailleurs, l'essor de l'industrie des piles à combustible accroîtra la capacité d'innovation du Canada et stimulera globalement l'économie canadienne en créant quantité d'emplois axés sur le savoir, un secteur automobile plus concurrentiel, de nouvelles possibilités pour d'autres secteurs industriels clés et une plateforme pour la croissance des exportations de grande valeur.

<sup>3</sup> 726 mégatonnes, RNCan 2000.

FIGURE 1. Émissions de gaz à effet de serre selon la technologie et le type de combustible



## Intérêt croissant pour les piles à combustible

Certaines applications initiales des piles à combustible ont fait leur entrée sur le marché, principalement dans les secteurs stationnaires et portables, et de nombreuses autres applications en sont rendues à l'étape de la démonstration ou feront sous peu leur entrée sur le marché (p. ex., les autobus urbains, les groupes auxiliaires de puissance et les ordinateurs portatifs).

Un nombre croissant de multinationales se lancent dans le domaine des piles à combustible, aussi bien pour en assurer le développement qu'à titre de partenaires stratégiques. De plus en plus, les grands fabricants bien établis, tels que DuPont, 3M et Johnson Matthey, se préparent à devenir des fournisseurs mondiaux de composants de piles à combustible.

Reconnaissant l'importance de la commercialisation rapide des piles à combustible, la plupart des grands de l'automobile, dont GM, DaimlerChrysler, Ford, Toyota, Nissan, Hyundai et Honda, participent également au développement d'applications stationnaires, dans le but d'acquies une expertise qui leur sera utile dans le développement d'applications propres à l'industrie automobile.

Le Canada a été un chef de file mondial de la R-D sur les piles à combustible et de leur commercialisation au cours des dix dernières années. L'industrie canadienne des piles à combustible cherche maintenant à obtenir une part appréciable des nouveaux débouchés sur les marchés mondiaux.

Bien que le potentiel du marché des piles à combustible soit énorme pour toute une gamme d'applications, il n'est pas acquis que les entreprises canadiennes réussiront à passer de la R-D à la commercialisation. Il y a plusieurs défis de taille à surmonter sur la voie de la commercialisation.

Ces défis ne sont pas uniques à l'industrie canadienne. Dans d'autres pays, le gouvernement et l'industrie des piles à combustible se heurtent aux mêmes défis. Conscients des retombées, ces gouvernements et ces industries adoptent des stratégies ciblées pour les piles à combustible, axées notamment sur la formation de partenariats entre les secteurs public et privé et d'alliances stratégiques regroupant les intervenants de l'industrie. Par exemple :

- Au Japon, où le gouvernement a versé plus de 275 millions de dollars pour la R-D sur les piles à combustible et leur commercialisation en 2002, les dépenses publiques annuelles devraient dépasser 380 millions à compter de 2003.

- Aux États-Unis, l'administration fédérale a l'intention d'affecter 2,7 milliards de dollars au cours des cinq prochains exercices à la R-D sur l'hydrogène, les piles à combustible et les technologies automobiles de pointe.
- La Communauté européenne a récemment annoncé son intention de consacrer 3,3 milliards de dollars entre 2003 et 2006 aux énergies renouvelables, principalement l'hydrogène et les piles à combustible.

Pour être concurrentiel, le Canada ne doit pas se contenter d'imiter les autres pays. Une approche — une carte routière — s'impose pour tirer parti des capacités, des connaissances, des ressources et de la position dominante de l'industrie canadienne des piles à combustible.

## Création de la Carte routière sur la commercialisation

La Carte routière est un processus de planification dicté par les besoins prévus des marchés de demain. Elle aide les entreprises à déterminer, à choisir et à élaborer des stratégies et des mesures claires qui leur permettront de satisfaire les besoins futurs du marché.

Avec l'aide d'Industrie Canada, plusieurs secteurs industriels, nouveaux ou bien établis au pays, ont élaboré des cartes routières. Mentionnons à titre d'exemples les industries de la conception, de la fabrication, de la réparation et de la révision des aéronefs, de la géomatique, de l'imagerie médicale et de l'énergie électrique.

Toutes ces cartes routières visent à surmonter des défis technologiques particuliers. La Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible est la première à mettre l'accent sur les défis et les solutions en matière de commercialisation, tout en reconnaissant qu'il faut aussi relever les défis d'ordre technique.

L'élaboration de cette carte routière a débuté en mars 2002. Un comité directeur, composé de représentants de l'industrie et du secteur public, a été mis sur pied pour suivre de près le processus.

Le comité directeur a créé cinq groupes de travail. Trois d'entre eux — secteurs stationnaire, portable et mobile — se sont penchés sur les questions relatives aux applications. Les autres — infrastructure et compétences — ont examiné des questions communes aux trois domaines d'applications.

Les représentants de plus de 45 organismes de l'industrie, du secteur public et du milieu universitaire ont participé à l'élaboration de la Carte routière (voir la liste des participants à l'annexe 1). On comptait parmi eux des membres du comité directeur et des groupes de travail. En outre, de nombreuses personnes ont assisté à une ou à plusieurs réunions, à titre d'observateurs ou de conseillers pour des sujets particuliers.

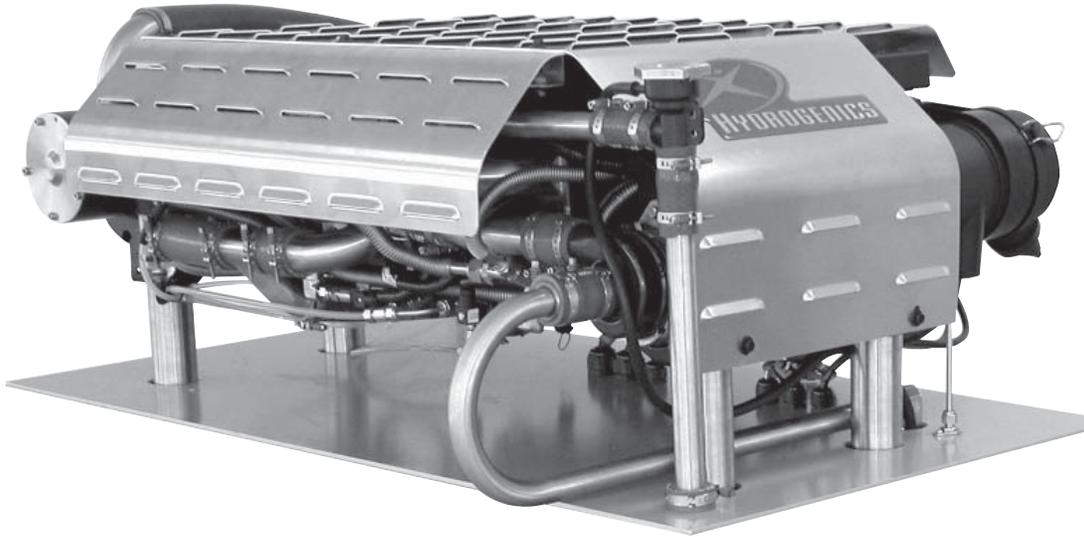
Au total, 28 réunions ont eu lieu à la grandeur du Canada entre juin et décembre 2002, dont 15 réunions d'une journée tenues par les groupes de travail (trois par groupe) et 8 réunions du comité directeur (voir l'annexe 2).

PricewaterhouseCoopers a assuré les services d'animation, d'administration et de rédaction pour les groupes de travail et le comité directeur.

La Carte routière est un important point de départ dans le processus de collaboration, mais l'industrie reconnaît qu'il reste beaucoup de travail à faire. Par exemple, il a été proposé que les groupes de travail deviennent des sous-comités de Piles à combustible Canada. Ils pourraient ainsi se pencher sur des questions d'intérêt commun, favoriser l'avancement de l'industrie canadienne des piles à combustible et mettre en œuvre les mesures et les recommandations préconisées dans la Carte routière.

À moins d'indication contraire, tous les montants d'argent mentionnés dans le présent rapport sont exprimés en dollars canadiens de 2003. Ceux qui étaient à l'origine en dollars américains ont été convertis en dollars canadiens selon un facteur de 1,57.

Selon les projections, la demande de piles à combustible atteindra 46 milliards de dollars d'ici 2011 sur le marché mondial et pourrait dépasser 2,6 billions en 2021. (Source : Piles à combustible Canada et PricewaterhouseCoopers, Fuel Cells — The Opportunity for Canada, juin 2002.)



Module d'alimentation de Hydrogenics

# Technologie des piles à combustible

Le cœur de la pile à combustible se compose de trois éléments fondamentaux : une anode, une cathode et un électrolyte. Le courant électrique circule de la cathode à l'anode. Les matériaux entrant dans la fabrication de la pile à combustible déterminent la façon dont elle produira l'électricité.

Les principaux types de piles à combustible\* sont les suivants :

- pile à membrane échangeuse de protons (PEMFC) - un type particulier de PEMFC englobe la pile à méthanol direct (DMFC);
- pile à oxyde solide (SOFC);
- pile alcaline (AFC);
- pile à acide phosphorique (PAFC);
- pile à carbonates fondus (MCFC).

On trouvera à l'annexe 3 une description non technique du fonctionnement des piles à combustible et une brève analyse de chaque principal type de piles.

Les différentes technologies peuvent servir à diverses applications, mais la PEMFC et la SOFC s'imposent comme les technologies comportant le plus vaste éventail d'applications commerciales.

On privilégie maintenant la technologie PEMFC pour les applications mobiles et portables. Dans le secteur stationnaire, il est possible que l'on puisse utiliser plusieurs technologies à long terme, selon le type d'applications.

À l'heure actuelle, l'industrie canadienne des piles à combustible est largement centrée sur la PEMFC et la SOFC.

\* Conformément à l'usage généralisé, les sigles anglais seront utilisés dans le présent document, par souci de clarté et de concision.

## Infrastructure de ravitaillement en combustible

On peut avoir recours à l'hydrogène ou à différents hydrocarbures gazeux et liquides pour alimenter les piles à combustible. L'électrolyse sert à produire de l'hydrogène à partir de l'eau, à des endroits où l'électricité est abondante et disponible à un faible coût. Les systèmes de traitement des combustibles aux fins de reformage sont utilisés pour des hydrocarbures comme le gaz naturel, le méthanol, l'éthanol, la houille ou l'essence. Le reformage des hydrocarbures sert à produire de l'hydrogène soit à un poste de ravitaillement fournissant de l'hydrogène au moyen d'un système de production décentralisée (externe), soit à l'emplacement même de la pile à combustible (interne).

Alors que l'utilisation de combustibles fossiles pour produire de l'hydrogène ne permet pas d'éliminer complètement les émissions, le reformage associé à la technologie des piles à combustible peut tirer parti de l'infrastructure actuelle de ravitaillement en combustible et se traduira par d'importantes améliorations environnementales comparativement aux systèmes courants à moteur à combustion interne. Il s'agirait d'un tremplin important pour créer une économie axée sur l'hydrogène. Aucune émission de GES ne se dégage des procédés électrolytiques faisant appel à l'électricité provenant de sources renouvelables, comme l'énergie hydraulique, éolienne, photovoltaïque, géothermique ou nucléaire.

## État actuel de la technologie

Les chercheurs perfectionnent encore la technologie des piles à combustible. Dans nombre d'applications, la recherche appliquée et le développement de la technologie demeurent un rouage primordial de l'industrie.

Il y aura des gagnants et des perdants au cours du processus de commercialisation, à mesure que la technologie évoluera. Toutefois, il est encore trop tôt pour dire quelles technologies domineront finalement dans certaines applications, quoique l'orientation semble claire dans certains grands champs d'applications, comme la technologie PEMFC pour les véhicules à piles à combustible et la technologie SOFC pour les applications stationnaires.

La commercialisation à grande échelle des applications des piles à combustible repose sur la réduction du coût unitaire. Les produits seront commercialisés à un prix raisonnable. Les applications stationnaires et portables sont en tête à l'heure actuelle, car les piles à combustible remplacent les accumulateurs pour les applications stationnaires et portables dans l'industrie légère et les transports.

Ce phénomène reflète en partie une poussée en faveur de produits pouvant offrir de grands avantages environnementaux : les autobus à piles à combustible, les applications militaires, les groupes auxiliaires de puissance, les systèmes hors réseau en régions éloignées et les applications dans le secteur automobile.

L'importance accordée à ces éléments dès le départ aidera à démontrer la performance, la fiabilité et la durabilité des produits, à réduire les coûts de production, à établir des normes et des codes, à former une main-d'œuvre qualifiée, à aménager une infrastructure pour l'hydrogène, à sensibiliser le public et à l'amener à accepter la nouvelle technologie.

# Profil de l'industrie canadienne des piles à combustible

L'intérêt que suscitent les piles à combustible augmente rapidement à mesure que les entreprises, les investisseurs et les pays sont plus nombreux à en reconnaître les possibilités et les avantages. Il s'ensuit une accélération du rythme de leur commercialisation à l'échelle mondiale. En outre, cet intérêt croissant crée un environnement beaucoup plus concurrentiel.

Le Canada est reconnu comme un chef de file de l'industrie des piles à combustible, de même que les États-Unis, l'Allemagne et le Japon. Toutefois, de nombreux autres pays commencent à faire des investissements stratégiques pour créer une industrie nationale des piles à combustible.

## L'industrie canadienne

Le Canada est un chef de file mondial du développement et de la commercialisation des piles à combustible et des technologies connexes, notamment en ce qui concerne la plupart des types de piles à combustible, l'offre de composants et de systèmes, l'intégration de systèmes, les systèmes de ravitaillement et le stockage du combustible, les services de génie et les services financiers.

## Emploi

Selon les estimations, l'industrie canadienne des piles à combustible (entreprises dont l'activité principale porte sur les piles à combustible et l'hydrogène) donnait lieu en octobre 2001 à 1 800 emplois directs, auxquels s'ajoutent les emplois indirects dans les secteurs qui fournissent à l'industrie des produits et services<sup>4</sup>. Sur l'ensemble des employés en 2001, 76 p. 100 travaillaient dans l'Ouest canadien (à l'ouest de l'Ontario). Le nombre d'emplois est demeuré relativement stable en 2002–2003, reflétant une tendance à la consolidation de l'industrie.

La main-d'œuvre canadienne dans le secteur des piles à combustible et de l'hydrogène est très instruite : 78 p. 100 des employés en 2001 avaient un diplôme d'études postsecondaires; dans ce groupe, 55 p. 100 étaient titulaires d'un diplôme universitaire et 22 p. 100 avaient fait leurs études dans un collège communautaire<sup>5</sup>.

<sup>4</sup> PricewaterhouseCoopers et Sypher:Mueller. L'information présentée dans ce profil provient de trois sources :

1. une étude de PricewaterhouseCoopers, Fuel Cells: the Opportunity for Canada, juin 2002;
2. une étude et un rapport de Sypher:Mueller et RNCAN, Retombées économiques de l'utilisation industrielle de l'hydrogène au Canada, juin 2002;
3. l'information recueillie par Piles à combustible Canada. L'information pour Sypher:Mueller et PricewaterhouseCoopers, qui a été recueillie en 2001, reflète l'état de l'industrie à ce moment là. Il est important de signaler que l'information statistique disponible concernant l'industrie canadienne des piles à combustible est limitée, voire quasi inexistante en ce qui touche les activités similaires à l'étranger.

<sup>5</sup> Sypher:Mueller et RNCAN, p. 16.

## Recettes

En 2001, les recettes de cette industrie en plein essor ont atteint 96,9 millions de dollars, dont 82 p. 100 étaient attribuables aux exportations, principalement la vente d'équipement (77 p. 100). Soixante-dix pour cent des recettes ont été enregistrées dans l'Ouest canadien. Selon les projections, les recettes de l'industrie canadienne devraient totaliser 165,2 millions d'ici 2003 (croissance de 70 p. 100)<sup>6</sup>.

## Recherche-développement

Il est essentiel de poursuivre la R-D pour assurer le développement et la commercialisation des produits et des systèmes de l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène. En 2001, les dépenses de R-D étaient nettement plus élevées que les recettes, atteignant 179 millions de dollars, soit environ 100 000 \$ par employé. Les capitaux provenaient principalement de partenaires en R-D. Le secteur est un innovateur de premier plan au Canada. En 2001, les dépenses de R-D dans le secteur des piles à combustible et de l'hydrogène étaient similaires à celles de l'industrie canadienne de l'automobile, qui enregistrait alors des ventes de 92 milliards et comptait 132 000 employés. L'Ouest canadien a été à l'origine de 87 p. 100 des dépenses de R-D en 2001<sup>7</sup>.

Généralement, la plus grande partie de la R-D a été effectuée par les entreprises, souvent grâce à des subventions et à des prêts des gouvernements fédéral ou provincial. Des activités soutenues de recherche ont été réalisées au sein de CANMET (Ressources naturelles Canada), de l'Institut de recherche sur l'hydrogène, à Trois-Rivières, ainsi que, plus récemment, à l'Institut de la pile à combustible du Conseil national de recherches du Canada (CNRC), à Vancouver. Au fil des ans, plusieurs universités canadiennes ont entrepris des projets de recherche sur les piles à combustible et l'hydrogène. Cette activité devrait s'intensifier au cours des prochaines années.

## Structure de l'industrie

L'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène en est à ses premiers balbutiements dans le monde entier. Sa structure reflète ce stade de développement peu avancé, tout comme le manque de données statistiques et d'analyses sur cette nouvelle industrie. L'étude de Sypher:Mueller et RNCAN a permis de constater que les principales activités des entreprises interrogées se répartissaient comme suit :

- services de génie - 36 p. 100;
- équipement de production d'hydrogène - 29 p. 100;
- équipement de mise à l'essai - 25 p. 100;
- assemblage de piles à combustible - 25 p. 100;
- composants électriques - 21 p. 100<sup>8</sup>.

Au Canada et ailleurs dans le monde, l'industrie compte un nombre relativement peu élevé de petites entreprises (moins de 500 employés pour la plupart) qui exercent leurs activités exclusivement dans le secteur (dont plus de 50 p. 100 des recettes proviennent d'activités reliées aux piles à combustible et à l'hydrogène) et un nombre plus élevé d'entreprises diverses dont une proportion beaucoup plus faible des activités consistent à fournir des pièces, des systèmes et des services.

Le présent profil est fondé sur les analyses de PricewaterhouseCoopers<sup>9</sup>.

Les différents paliers interdépendants de l'industrie canadienne des piles à combustible se présentent comme suit :

- les entreprises dont l'activité principale ou le but premier réside dans la production de piles à combustible ou l'intégration de systèmes, parmi lesquelles la plupart ont formé des alliances stratégiques internationales ou sont en voie de le faire;

<sup>6</sup> Ibid. p. 8-11.

<sup>7</sup> Ibid., p. 12.

<sup>8</sup> Ibid., p. 6.

<sup>9</sup> PricewaterhouseCoopers, p. 25-29

- les grands fournisseurs de produits auprès des producteurs de piles à combustible, dont plusieurs approvisionnent des entreprises étrangères aussi bien que canadiennes;
- les entreprises dont les activités portent sur l'infrastructure de ravitaillement;
- les fournisseurs de services auprès de l'industrie des piles à combustible.

Il existe une relation symbiotique entre les différents intervenants et paliers de l'industrie. Le nombre d'interrelations et leur intensité vont en augmentant à mesure que l'industrie prend plus d'ampleur et produit à plus grande échelle. Le nombre croissant de grandes sociétés canadiennes et étrangères qui se lancent dans le secteur présente un intérêt particulier. L'entrée de ces intervenants confirme le potentiel de croissance à long terme du secteur, tout en fournissant l'expérience en fabrication, en marketing et en gestion dont l'industrie a besoin pour arriver à pleine maturité avec succès.

On a déjà fait remarquer que la plupart des recettes de l'industrie canadienne des piles à combustible sont attribuables aux ventes à l'exportation. Bien que cela s'explique par le fait qu'il s'agit de marchés énormes, prêts à adopter des technologies nouvelles, il est important de signaler que les débouchés sur les marchés étrangers sont directement liés à l'appui ciblé des gouvernements pour favoriser l'introduction et l'acquisition de ces technologies le plus rapidement possible. Ces dernières années, l'aide offerte au Canada n'a pas atteint le même niveau.

### Producteurs de piles à combustible et intégrateurs de systèmes

Au Canada, on compte les 17 entreprises suivantes, dont l'activité ou le but premier réside dans la production de piles à combustible ou l'intégration de systèmes.

Faisant écho à la situation actuelle dans le monde entier, la plupart de ces entreprises sont relativement petites, selon la définition canadienne qui considère comme des petites et moyennes entreprises celles comptant moins de 500 employés. En règle générale, les grandes entreprises affectent moins de 500 employés à des activités portant sur les piles à combustible et des activités connexes. Ballard Power Systems fait exception à la règle, la plupart de ses quelques 1 100 employés participant directement à des activités liées au développement de piles à combustible et à l'intégration de systèmes.

FIGURE 3. PRODUCTEURS DE PILES À COMBUSTIBLE ET INTÉGRATEURS DE SYSTÈMES

ENTREPRISE	VILLE	PROVINCE	APPLICATIONS DES PILES À COMBUSTIBLE		
			stationnaires	portables	mobiles
Aluminum Power	Toronto	Ont			●
Angstrom Power	North Vancouver	C.B.		●	
Astris Energi	Mississauga	Ont			●
Ballard Power Systems	Burnaby	C.B.	●	●	●
Cellex Power Products	Richmond	C.B.	●		
DuPont Canada	Kingston	Ont	●	●	●
Energy Visions	Mississauga/Calgary	Ont/Alb.	●	●	●
Fuel Cell Technologies	Kingston	Ont	●		
Global Thermoelectric	Calgary	Alb	●		●
GreenVOLT Power	Orillia	Ont	●		
Hydrogenics	Mississauga	Ont	●	●	●
Kinectrics	Toronto	Ont	●		
MagPower Systems	Delta	C.B.	●	●	
Palcan Fuel Cells	Burnaby	C.B.		●	●
PEM Fuel Cells	Vancouver	C.B.		●	●
PowerDisc Development	Chilliwack	C.B.			●
Siemens Canada	Mississauga	Ont	●	●	

Source: Piles à combustible Canada, janvier 2003

Un grand nombre de ces producteurs ont formé des alliances stratégiques d'envergure nationale ou internationale avec des entreprises d'autres industries qui utiliseront la technologie des piles à combustible. Ces alliances et partenariats assurent un accès réel (ou potentiel) aux ressources financières et aux compétences en technologie, en fabrication et en marketing qui sont requises à mesure que l'industrie s'engage dans la commercialisation des produits et des systèmes.

### Fournisseurs de produits et services et infrastructure de ravitaillement

Bien des entreprises et des organismes canadiens autres que les producteurs de piles à combustible sont associées à cette industrie, notamment les entreprises axées sur l'aménagement de l'infrastructure de ravitaillement.

**FIGURE 4. FOURNISSEURS DE PRODUITS ET SERVICES ET INFRASTRUCTURE DE RAVITAILLEMENT\***

FOURNISSEURS DE PIÈCES ET DE SYSTÈMES	FOURNISSEURS DE SERVICES LIÉS AUX PILES À COMBUSTIBLE
Advanced Measurement Systems	Association canadienne de l'hydrogène
Agile Systems	Banque de développement du Canada
Azure Dynamics	Banque HSBC Canada
Cimtex Industries	Centre de la technologie de l'énergie de CANMET
FuelMaker	Centre for Automotive Materials and Manufacturing (CAMM)
Greenlight Power Technologies	Chrysalix Energy Management
Kinectrics	Colliers International
NORAM	Conseil national de recherches Canada
Pathway Design & Manufacturing	Défense nationale
Pivotal Power	Développement des ressources humaines Canada
PrecisionH2	Diversification de l'économie de l'Ouest Canada
QuestAir Technologies	Dundee Securities Corp.
SatCon Power Systems Canada	Environnement Canada
SMC Pneumatics (Canada)	Financière Banque Nationale
SRE Controls	Gowlings
Technologies M4	GrowthWorks
TeleflexGFI Control Systems	Heliocentris Energy Systems
Teleflex (Canada)	Hydro-Québec CapiTech
Transformix Engineering	Industrie Canada (Direction générale de l'énergie et de la marine)
Turbo Genset	Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération
Tyco Electronics	Institut de recherche sur l'hydrogène
Universal Dynamics	Institute for Integrated Energy Systems
Westaim Ambeon	Ipsos-Reid - North American Division
Xantrex Technology	James Hoggan and Associates
Zetacon	Korn/Ferry International
INFRASTRUCTURE DE RAVITAILLEMENT	KPMG
BC Hydro	Marsh Canada
Duke Energy	McCarthy Tétraut
Dynetek Industries	Ministère de l'Entreprise, des Débouchés et de l'Innovation de l'Ontario
Enbridge Gas Distribution	Ministère de la Concurrence, des Sciences et de l'Entreprise de la C.-B.
ENRG	Partenariat technologique Canada
General Hydrogen	Piles à combustible Canada
HERA Hydrogen Storage Systems	PricewaterhouseCoopers
Kraus Group	Réseau de centres d'excellence AUTO21
Methanex	Ressources naturelles Canada (Mesures d'action précoce en matière de technologie)
Ontario Power	TD Valeurs mobilières
Praxair	TISEC
Stuart Energy Systems	Transports Canada
Vandenborre Hydrogen Systems	Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
	University College of the Fraser Valley
	Ventures West Management

NOTA : Certaines entreprises exercent leurs activités dans plus d'un domaine.

Certaines de ces entreprises sont étroitement associées à un ou deux producteurs, mais la plupart font affaire avec quantité d'acteurs de l'industrie. Nombre de ces entreprises fournissent également des pièces, des systèmes ou des services à des clients canadiens et étrangers.

On trouvera à l'annexe 4 un bref profil des entreprises et organismes repertoriés dans les deux tableaux ci-dessus.

## Grappes industrielles

Michael Porter, une sommité de la théorie sur les grappes industrielles, a décrit les grappes comme des masses critiques, concentrées dans une région, qui connaissent un succès inhabituel par rapport à la concurrence dans des champs d'activité particuliers<sup>10</sup>. Les grappes prospères regroupent généralement un large éventail d'organismes et sont caractérisées notamment par :

- la présence d'au moins un champion ou acteur clé;
- des liens étroits entre les entreprises et leur infrastructure technologique de soutien;
- la proximité de ressources éducatives, financières, commerciales et institutionnelles;
- l'autosuffisance quant aux principaux intrants, y compris en matière de main-d'œuvre qualifiée, de composants et de systèmes, de ressources techniques et financières, ainsi que de ressources en marketing;
- l'accès aux institutions et aux ressources gouvernementales.

Les grappes de l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène en sont au début de leur développement (on considère souvent que les grappes industrielles à maturité comptent au moins 15 000 employés). Il est toutefois évident que ces grappes sont effectivement en plein essor au Canada et qu'elles créent une capacité fondamentale qui, appuyée par des politiques et des programmes gouvernementaux dynamiques et une participation accrue de l'industrie, pourrait faire en sorte que le Canada demeure un chef de file de cette industrie qui évolue.

On trouve des grappes d'entreprises, de fournisseurs de produits et services et de sociétés d'aménagement de l'infrastructure de l'industrie des piles à combustible dans la région de Vancouver et elles prennent plus d'ampleur dans les régions de Calgary, de Toronto, de Kingston et de Montréal. Toutes bénéficient d'un énorme potentiel de croissance en ce qui a trait au développement des piles à combustible et de l'infrastructure connexe.

### Vancouver

C'est en Colombie-Britannique, en particulier dans les basses terres autour de Vancouver, qu'ont eu lieu les premières activités de développement de piles à combustible réalisées par des entreprises au Canada. La région comptant plus de 1 200 emplois directs dans l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène, on peut soutenir qu'on y trouve la plus forte concentration de savoir-faire au monde dans le domaine des piles à combustible. Il s'agit également d'un excellent exemple de la dynamique de la création de grappes, selon laquelle l'existence de capacités fondamentales peut stimuler la croissance dans une nouvelle industrie.

Le développement de la grappe de cette province remonte aux premières activités de Ballard Power Systems. Cette entreprise fondée en 1982 compte maintenant quelque 1 100 employés, dont 300 travaillent à l'extérieur de la province. Elle a noué des relations avec un éventail de fournisseurs et de clients locaux, qui traitent eux aussi avec d'autres organismes de la région. Certains employés ont quitté Ballard Power Systems pour créer de nouvelles sociétés, tandis que d'autres sont maintenant au service d'autres entreprises et organisations dans la région. Ballard Power Systems et la région continuent de mettre l'accent sur la technologie PEMFC, mais d'autres compétences de base complémentaires prennent de plus en plus d'importance.

<sup>10</sup> Porter, Michael, « Clusters and the New Economics of Competition », *Harvard Business Review*, novembre-décembre 1998, p. 80.

Mentionnons notamment le développement de pièces et de systèmes, l'intégration de systèmes, le développement de systèmes pour l'infrastructure de ravitaillement, les services de génie, les services d'experts-conseils et les services financiers.

L'appui gouvernemental a été un facteur déterminant de la réussite dès le départ de la grappe de la Colombie-Britannique. Conscients des avantages à long terme de la technologie des piles à combustible, les gouvernements fédéral et provincial n'ont pas tardé à accorder une aide financière à l'industrie. À juste titre, ils ont appuyé non seulement la R-D, mais aussi des projets de démonstration de la technologie. Ces projets ont permis d'accomplir des progrès considérables en matière de collecte de données, de connaissances sur la performance des produits et d'essais sur leur robustesse en vue d'une production commerciale. La région continue de bénéficier d'un peu d'aide pour les activités de démonstration, mais celle-ci prendra fin en 2003 et aucun mécanisme n'est prévu à l'heure actuelle pour la remplacer ou y donner suite.

À mesure que l'industrie prenait son essor, elle a attiré des services vers la région. Des sociétés locales d'investissement en capital de risque ont manifesté un regain d'intérêt et un plus grand engagement envers l'industrie et des institutions financières spécialisées ont vu le jour. Compte tenu de l'envergure de l'industrie dans la région, il s'agissait d'un emplacement approprié pour le siège social de Piles à combustible Canada et pour celui de l'Institut de la pile à combustible du CNRC. En tant qu'institutions nationales, ces deux organisations fournissent des services et un soutien aux intervenants de l'industrie à la grandeur du pays.

Les universités ont pris part à l'essor de la grappe dans la région. Pendant nombre d'années, les principales activités étaient menées à l'Institute for Integrated Energy Systems (IESVic) de l'Université de Victoria, qui offre un programme d'études supérieures en technologie des piles à combustible et dispose d'installations de recherche essentielles. D'importants travaux de recherche ont aussi été réalisés à l'Université Simon Fraser, à Burnaby. Récemment, l'Université de la Colombie-Britannique s'est associée à l'industrie pour mettre sur pied une petite installation et engager des diplômés de fraîche date de l'Université de Victoria.

Parmi les principaux atouts de la Colombie-Britannique, mentionnons entre autres<sup>11</sup> :

- la concentration d'activités axées sur la technologie PEMFC;
- le développement et l'intégration de la technologie de base : Ballard Power Systems, Palcan Fuel Cell, Cellex Power Products, Angstrom Power, PEM Fuel Cells;
- la présence de fournisseurs de produits et systèmes spécialisés : QuestAir Technology, Pathway Design and Manufacturing, Greenlight Power Technologies, Cimtex Industries, Xantrex Technology;
- l'infrastructure de ravitaillement et stockage : General Hydrogen, Methanex, BC Hydro (Powertech), IMW, ENRG (PFC eFuels), Azure Dynamics;
- les organismes publics : Diversification de l'économie de l'Ouest Canada, Industrie Canada, CNRC et ministère de la Concurrence, des Sciences et de l'Entreprise de la C.-B.;
- les universités : Université de Victoria (IESVic), Université de la Colombie-Britannique, Université Simon Fraser et University College of the Fraser Valley;
- les services spécialisés : NORAM Engineering and Constructors, Keen Engineering, Piles à combustible Canada, Chrysalix Energy Management, Ventures West Management, GrowthWorks;
- les installations d'essai : BC Hydro (Powertech), Institut de la pile à combustible du CNRC;
- les organismes de R-D : Institut de la pile à combustible du CNRC, British Columbia Research Inc.

Nombre de ces entreprises et organismes entretiennent des relations étroites avec d'autres intervenants canadiens et étrangers.

<sup>11</sup> Pour consulter une liste de certaines activités cruciales réalisées par la grappe, voir Vancouver's Key Private Sector Industries for Clustering, Vancouver Economic Development Commission, juillet 2002, p. 13.

## Calgary

La région de Calgary a également le potentiel nécessaire pour créer une grappe dans l'industrie des piles à combustible. Parmi les piliers de l'industrie, mentionnons Global Thermoelectric, chef de file du développement des SOFC (5 kW), ainsi que Dynetek Industries, important fournisseur de bouteilles pour l'hydrogène comprimé. En outre, Advanced Measurement Systems approvisionne Global Thermoelectric en appareils d'essai. L'Université de Calgary possède des capacités reconnues en recherche, tout comme l'Alberta Research Council, où Energy Visions met au point ses piles à méthanol direct.

## Toronto

Dans la région de Toronto, les principales capacités en ce qui a trait à la technologie et à la commercialisation des piles à combustible comprennent Hydrogenics (PEMFC) et Kinectrics (intégration de piles à combustible). On y trouve également Stuart Energy Systems, importante entreprise qui développe et fournit des systèmes d'infrastructure pour l'hydrogène. Le potentiel est tout aussi énorme dans le secteur de l'approvisionnement - à la fois les actuels fournisseurs (Agile Systems, FuelMaker, Satcon Power Systems Canada, SRE Controls, TeleflexGFI Control Systems, Zetacon) et les nombreuses entreprises qui fabriquent un volume élevé de pièces et de composants destinés aux secteurs industriels connexes, par exemple, l'automobile, l'aérospatiale et la défense, les biens durables techniques, les fournitures électriques et les technologies de l'information. Les universités locales ont d'excellentes capacités en matière de recherche - l'Université de Toronto et l'Université McMaster, entre autres, offrent des programmes modestes, mais établis depuis longtemps, dans le domaine des piles à combustible et du développement de systèmes d'alimentation en hydrogène. Enbridge Gas Distribution possède une vaste expérience des systèmes de chauffage, ventilation et climatisation et est apte à formuler des recommandations sur l'intégration des produits.

## Kingston

C'est à Kingston qu'est établie la société Fuel Cell Technologies, important intégrateur de petits systèmes SOFC (5 kW). Cette entreprise a également mis au point une technologie exclusive de piles à combustible aluminium-air. Kingston est le centre de développement de piles à combustible de DuPont Canada, société qui a un mandat mondial pour développer des plaques à champs de propagation et des assemblages membrane-électrodes pour les PEMFC et les DMFC. Transformix met au point et fournit du matériel électronique de puissance pour les piles à combustible. La ville est également dotée de capacités de longue date en matière de recherche et d'essais au Collège militaire royal du Canada et on crée actuellement des capacités en recherche au Centre for Automotive Materials and Manufacturing, affilié à l'Université Queen's. Elle offre une formation universitaire en génie automobile et fait des investissements considérables dans la R-D sur l'automobile, y compris les piles à combustible et la technologie de l'hydrogène. Les intervenants de l'industrie ont récemment mis sur pied et constitué en personne morale une association industrielle axée sur les énergies de remplacement pour stimuler la croissance d'une grappe de l'industrie des piles à combustible dans la région.

## Montréal

Montréal foisonne d'activité dans le domaine du stockage de l'hydrogène et du ravitaillement en hydrogène. Cette capacité en plein essor a vu le jour dans les années 80, suscitée par l'intérêt d'Hydro-Québec pour l'énorme potentiel associé à l'approvisionnement de l'Europe en hydrogène. Hydro-Québec a maintenu son intérêt à l'égard de l'industrie, mais des entreprises comme HERA Hydrogen Storage Systems Inc., Vandenborre Hydrogen Systems et Hydro-Québec CapiTech ont repris le flambeau pour l'industrie de l'approvisionnement en hydrogène. Tout près, l'Institut de recherche sur l'hydrogène, à l'Université du Québec à Trois-Rivières, met à la disposition de l'industrie des installations et des capacités de recherche de renommée mondiale. La région a par ailleurs bénéficié de l'appui des gouvernements fédéral et provincial, en particulier pour la recherche sur les technologies de stockage.

### L'importance des grappes

Les grappes fournissent la masse critique nécessaire pour soutenir l'industrie des piles à combustible au Canada. À mesure que d'autres pays et régions tenteront d'attirer sur leur territoire les producteurs et les fournisseurs, les grappes prendront encore bien plus d'importance pour cimenter et enraciner l'industrie canadienne dans son milieu. Offrant la possibilité de mettre en commun les compétences et les talents et de canaliser les efforts, les grappes permettront par ailleurs d'accélérer le développement et la commercialisation de la technologie. Au Canada, nombre d'intervenants qui font partie intégrante des différentes grappes entretiennent des relations étroites avec un ou plusieurs acteurs de l'industrie dans les autres régions, de même qu'avec des partenaires et des fournisseurs étrangers avec lesquels ils ont formé des alliances. Globalement, l'industrie canadienne des piles à combustible et de l'hydrogène a suffisamment d'envergure pour nouer des relations dynamiques propres à favoriser l'essor de l'industrie à la grandeur du pays. Selon les premières indications du programme de démonstration de la Colombie-Britannique, ces relations interrégionales feraient partie intégrante de cette industrie qui se développe à l'échelle du pays.

### Concurrents étrangers

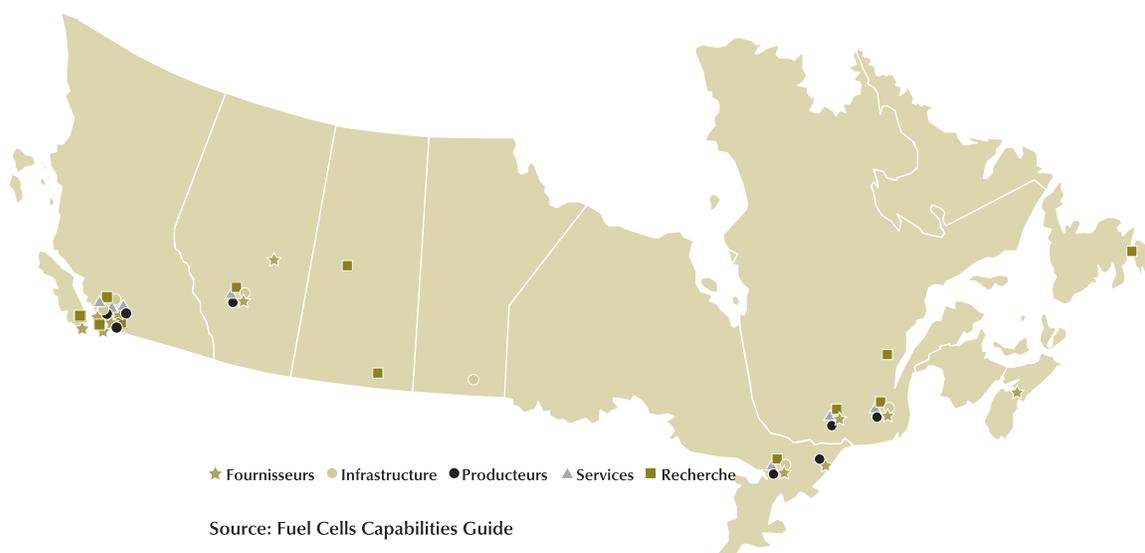
D'autres pays essaient de déloger le Canada, actuellement en position dominante en matière de développement et de commercialisation des piles à combustible. Conscients des retombées considérables découlant de la réussite dans ce domaine, les intervenants du secteur public et de l'industrie d'autres pays ont élaboré des politiques et des programmes qui appuient énergiquement le développement de piles à combustible et l'accès au marché pour leurs propres entreprises et institutions.

### États-Unis

L'administration fédérale américaine a l'intention d'affecter 2,7 milliards de dollars au cours des cinq prochaines années à la R-D portant sur l'hydrogène et les piles à combustible et les technologies automobiles de pointe :

- L'initiative Freedom Fuel vise le développement de technologies de production d'hydrogène et de l'infrastructure nécessaire au ravitaillement des véhicules à piles à combustible ainsi que des systèmes d'énergie stationnaires alimentés par des piles à combustible.
- L'initiative FreedomCAR est un partenariat formé avec les constructeurs d'automobiles pour mettre au point les technologies nécessaires à la production en série de véhicules à piles à combustible sûrs et abordables.

FIGURE 5. GRAPPES D'ENTREPRISES DE L'INDUSTRIE DES PILES À COMBUSTIBLE



En outre, des États ont établi leur propre programme d'encouragement pour promouvoir les sources d'énergie de remplacement :

- Californie : mesures d'encouragement, objectifs d'émissions et activités de démonstration;
- Michigan : octroi de 79 millions de dollars au cours des trois prochaines années dans le cadre de la NextEnergy Strategy et création d'une zone de recherche exempte d'impôts d'une superficie de 700 acres;
- Ohio : initiative des piles à combustible totalisant 162 millions de dollars échelonnés sur trois ans;
- Connecticut : octroi d'environ 15 millions de dollars provenant du fonds Clean Energy en 2002.

### Japon

Le gouvernement a versé plus de 275 millions de dollars à l'appui de la R-D sur les piles à combustible et de leur commercialisation en 2002. Les dépenses publiques annuelles devraient dépasser 380 millions à compter de 2003.

### Communauté européenne

La Communauté européenne prévoit investir 3,3 milliards de dollars entre 2003 et 2006 dans les sources d'énergie renouvelable, principalement l'hydrogène et les piles à combustible. Il s'agit d'une augmentation marquée par rapport à la période comprise entre 1999 et 2002, au cours de laquelle les dépenses annuelles affectées aux projets de R-D et de démonstration portant sur les piles à combustible étaient en moyenne de 140 millions.

Le Sixième Programme-cadre de l'Union européenne, qui vise la période comprise entre 2002 et 2006, prévoit différentes activités de recherche, de développement technologique et de démonstration axées sur le développement durable :

- affectation d'un montant estimatif de 2,5 milliards de dollars aux initiatives consacrées aux piles à combustible et à l'hydrogène;
- d'ici 2020, objectif de 5 p. 100 du transport routier sur le territoire de l'Union européenne assuré au moyen de véhicules alimentés à l'hydrogène;
- objectif de réduction du coût des piles à combustible dans les applications stationnaires, qu'on souhaite ramener à moins de 1 640 \$/kW;
- détermination des mesures à prendre pour assurer le dynamisme de l'industrie des piles à combustible et la viabilité de l'économie de l'hydrogène, ainsi que capacité de dépenses supplémentaires pouvant atteindre 4,3 milliards de dollars.

### Allemagne

À l'heure actuelle, le financement des initiatives portant sur les piles à combustible et l'hydrogène totalise environ 58 millions de dollars annuellement. L'Allemagne s'est engagée à investir 99 millions au cours des trois prochaines années dans le programme Future (ZIP) pour aider à financer 44 projets de R-D sur les piles à combustible destinées aux applications stationnaires et mobiles.

### Singapour

Le gouvernement a créé un programme national consacré à la technologie de l'énergie (SINERGY), qui vise à faire de Singapour un acteur de premier plan dans le développement de la technologie des énergies de remplacement. SINERGY s'inscrit dans le cadre des efforts déployés par ce gouvernement pour stimuler la R-D sur l'énergie propre et les activités de banc d'essai pour les applications dans le domaine de l'automobile et des systèmes d'énergie stationnaires.



Le système d'alimentation d'appoint PEMFC HyUPS<sup>MD</sup> de Hydrogenics.

# Intervenants

Sous l'égide d'Industrie Canada et de Piles à combustible Canada, l'initiative de la Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible fait en sorte que l'industrie, le secteur public et le milieu universitaire élaborent conjointement des stratégies et un plan d'action en vue d'accélérer la commercialisation des piles à combustible et des technologies de l'hydrogène par les entreprises canadiennes.

On trouvera à l'annexe 4 une liste des principaux intervenants du secteur public et du monde des affaires, dont certains joueront un rôle déterminant en mettant en œuvre les stratégies recommandées dans le présent rapport.

## Industrie des piles à combustible

Piles à combustible Canada représente l'industrie canadienne des piles à combustible. Cette association industrielle nationale à but non lucratif est la principale source de services et de soutien pour les sociétés, les alliances commerciales et les établissements d'enseignement canadiens. Elle vise la promotion, le développement et le déploiement des piles à combustible ainsi que de produits et services connexes au pays. Piles à combustible Canada compte 52 membres, dont toutes les grandes entreprises canadiennes de cette industrie.

L'industrie canadienne des piles à combustible se compose d'entreprises dont les activités portent sur l'intégration de systèmes; la conception, la fabrication et la distribution de composants de piles à combustible; la fabrication, l'intégration et le développement de systèmes, les combustibles et les systèmes de ravitaillement et le stockage du combustible; l'équipement d'essai ou de détection; les systèmes de commande; et les services de génie. Selon les estimations de Piles à combustible Canada, environ 1 800 personnes travaillent au sein d'entreprises dont l'activité principale porte sur les piles à combustible et l'hydrogène (on trouvera de plus amples renseignements à la section « Profil de l'industrie canadienne des piles à combustible » et à l'annexe 4).

De nombreux partenariats se forment, à la fois entre des entreprises canadiennes et entre des entreprises canadiennes et étrangères. Plusieurs de ces partenariats regroupent des entreprises de la chaîne de valeur de l'industrie des piles à combustible, y compris dans des industries établies (p. ex, les constructeurs automobiles et d'autres fabricants de matériel). Grâce à ces partenariats, les entreprises canadiennes peuvent mobiliser des ressources qui seront mises à contribution pour la mise en œuvre de la Carte routière.

## Secteur public

Le secteur public a joué un grand rôle pour favoriser l'essor de l'industrie canadienne des piles à combustible et de l'hydrogène. Entre 1982 et 2002, son appui à cette industrie s'élevait en tout à environ 179 millions de dollars sous forme de subventions, de contributions et de prêts. Ces fonds ont appuyé des activités selon les mérites propres à chaque projet dans toutes les régions et pour toutes les technologies. Les objectifs stratégiques globaux qui ont orienté cet appui avaient trait à l'innovation, aux technologies propres, à l'efficacité énergétique et à la réduction des émissions de GES. Les ministères et organismes publics suivants sont au nombre des participants actuels et éventuels.

### **Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie**

Octroie des fonds pour des chaires de recherche et des projets ciblés, en partenariat avec l'industrie et le secteur public, et appuie des projets ainsi que la formation d'étudiants.

### **Conseil national de recherches du Canada**

Offre un programme technique (R-D exploratoire et conjointe) et de partenariat (information sur la technologie et formation de partenariats pour venir en aide aux entreprises dérivées à l'externe ou à l'interne) de recherche sur les piles à combustible.

- Programme d'essai et de démonstration des piles à combustible — financement supplémentaire de 20 millions de dollars en vue d'assurer la formation de personnel pour le secteur des piles à combustible et de faire connaître les technologies et les entreprises canadiennes innovatrices.

### **Développement des ressources humaines Canada**

Par l'intermédiaire des Services au marché du travail en Colombie-Britannique, explore la possibilité d'élaborer un plan des ressources humaines faisant état des besoins en main-d'œuvre qualifiée à combler pour soutenir la croissance des grappes de l'industrie des piles à combustible dans la province et au pays. Il s'agit notamment de mener des recherches sur les principaux domaines où il pourrait y avoir une demande et une éventuelle pénurie de main-d'œuvre qualifiée.

### **Diversification de l'économie de l'Ouest Canada**

Vient en aide au secteur des piles à combustible et de l'hydrogène depuis 1990 et continue de collaborer étroitement avec Piles à combustible Canada, Industrie Canada, le CNRC, les provinces de la Colombie-Britannique et de l'Alberta ainsi que d'autres intervenants de l'industrie pour identifier les initiatives propres à appuyer et à accélérer la croissance du secteur des piles à combustible et y contribuer.

- Ententes de partenariat pour le développement économique de l'Ouest (Diversification de l'économie de l'Ouest Canada et gouvernement de la Colombie-Britannique) — octroi de 13 millions de dollars pour des projets de démonstration réalisés en Colombie-Britannique et un appui à Piles à combustible Canada.

### **Environnement Canada**

Analyse le cycle de vie du produit, évalue les technologies et vérifie les émissions (GES, principaux contaminants atmosphériques et substances toxiques).

- Fonds d'action pour le changement climatique, Mesures d'action précoce en matière de technologie — financement de divers projets de démonstration dans toutes les régions du pays.

### **Industrie Canada**

Participe à l'élaboration de la Carte routière canadienne sur la commercialisation des piles à combustible; appuie Piles à combustible Canada et L'Initiative de diversification de l'économie de l'Ouest par l'entremise de Diversification de l'économie de l'Ouest Canada et finance les activités de commercialisation par l'intermédiaire de Partenariat technologique Canada.

### **Ministère de la Concurrence, des Sciences et de l'Entreprise de la Colombie-Britannique**

Travaille à améliorer les politiques et la réglementation en vue de favoriser l'essor de l'industrie nationale des piles à combustible centrée en Colombie-Britannique; stimule l'investissement au sein de cette industrie dans la province, offre une infrastructure d'appui à la recherche et à la formation de la main-d'œuvre dans les universités et les autres établissements d'enseignement

supérieur de la province pour accroître les capacités de l'industrie des piles à combustible; favorise l'utilisation des piles à combustible à titre de technologie habilitante pour lutter contre le changement climatique.

#### **Ministère de la Défense nationale**

Figure parmi les premiers utilisateurs de la technologie et appuie les activités de R-D sur les piles à combustible.

#### **Partenariat technologique Canada**

Encourage et appuie les initiatives gouvernementales en faisant des investissements stratégiques dans la R-D et l'innovation pour favoriser l'investissement du secteur privé et ainsi maintenir et accroître l'assise et les capacités technologiques de l'industrie canadienne. Ce programme a accordé une aide financière aux entreprises canadiennes de l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène pour mettre au point des produits et des procédés novateurs.

- Investissement de 19 millions de dollars dans la R-D sur les piles à combustible au sein de DuPont Canada.

#### **Réseau de centres d'excellence AUTO21**

A accordé une aide fédérale de 23 millions de dollars, à laquelle se sont ajoutés les fonds de contrepartie de l'industrie, pour des programmes de recherche appliquée universités-industrie, portant notamment sur les technologies des piles à combustible.

#### **Ressources naturelles Canada**

Finance et exécute des travaux de R-D, appuie l'Alliance canadienne sur les piles à combustible dans les transports, donne des conseils techniques et stratégiques, élabore des normes et des codes et mène des campagnes d'information et de sensibilisation du public.

- Alliance canadienne sur les piles à combustible dans les transports — programme doté d'un budget de 23 millions de dollars pour encourager le développement et l'implantation d'une infrastructure de ravitaillement pour les véhicules;
- Fonds d'action pour le changement climatique, Mesures d'action précoce en matière de technologie — financement de différents projets de démonstration dans toutes les régions du pays.

#### **Transports Canada**

Fournit un cadre stratégique et une réglementation sur la sécurité.

#### **Travaux publics et Services gouvernementaux Canada**

Figure parmi les premiers acheteurs et utilisateurs de la technologie.

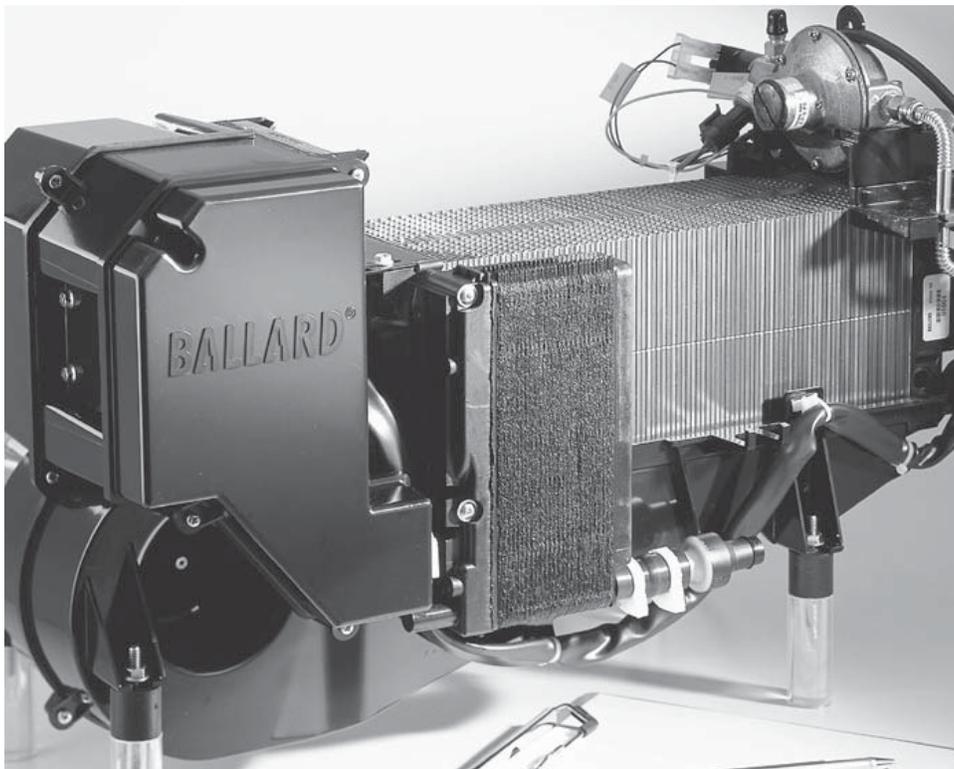
## **Milieu universitaire**

Les établissements d'enseignement postsecondaire jouent un rôle de premier plan dans l'essor de l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène. La croissance du secteur influera sur l'accroissement de la demande de recherche scientifique pré-concurrentielle et de personnel qualifié à tous les niveaux. À l'heure actuelle, la demande de personnel de recherche scientifique et technique hautement qualifié est plus importante dans les établissements de recherche des secteurs privé et public. À mesure que l'on commercialisera les produits de l'industrie des piles à combustible et de l'hydrogène, la demande de personnel apte à effectuer les réparations et la maintenance et de personnel de production qualifié dépassera la demande actuelle de chercheurs scientifiques.

#### **Universités canadiennes**

Mènent des recherches sur les piles à combustible, offrent des cours spécialisés et décernent des diplômes directement liés aux technologies.

- AUTO21 (Université de Windsor);
- Centre for Automotive Materials Manufacturing (Université Queen's);
- Institut de recherche sur l'hydrogène (Université du Québec à Trois-Rivières);
- Institute for Integrated Energy Systems (Université de Victoria).



Le module d'alimentation Nexa<sup>MD</sup> est le premier produit fabriqué à grande échelle dans le monde qui intègre la technologie de la pile à membrane échangeuse de protons (PEMFC). Ce module d'alimentation a été développé pour une multitude d'applications stationnaires et portables.

# Marchés

Les marchés pour les piles à combustible sont variés et offrent un potentiel considérable au chapitre des recettes.

Bien que ces marchés ne soient pas limités par les frontières géographiques, tout indique que les régions industrialisées — comme l'Europe, l'Amérique du Nord et le Japon — devraient être les premières à les adopter, entre autres pour les raisons suivantes :

- coûts énergétiques;
- forte demande des consommateurs;
- pressions environnementales en faveur d'un changement de comportement en ce qui a trait à la consommation d'énergie;
- cadres de réglementation d'avant-garde;
- consommateurs sensibilisés et désireux d'être parmi les premiers à adopter les piles à combustible;
- fiabilité et sûreté de l'énergie et clientèle disposée à payer un prix plus élevé pour en bénéficier.

Au cours de la première partie de la période visée par les projections, une grande partie de la demande devrait provenir d'acheteurs des secteurs institutionnel et public, disposés à payer un prix plus élevé pour appuyer l'essor de l'industrie des piles à combustible et promouvoir les sources d'énergie de remplacement. Il s'agit notamment de démontrer les avantages sur le plan social et environnemental, comme on le fait déjà au Japon et en Europe.

**Selon les projections, 94 p. 100 des systèmes mobiles vendus en 2011 seront destinés au sous-segment de l'automobile.**

**FIGURE 6. PROJECTIONS DE LA DEMANDE GLOBALE DE SYSTÈMES DE PILES À COMBUSTIBLE**

*Systèmes/MW*

Segment de marché	2001	2003	2005	2007	2009	2011	CAMC*	
							de 2003 à 2011	de 2007 à 2011
<b>Applications stationnaires (MW)</b>	75	225	675	2 025	7 088	15 947	70 %	67 %
<b>Applications portables (milliers de systèmes)</b>	0	50	2 000	50 000	290 000	470 000	214 %	75 %
<b>Applications mobiles (systèmes)</b>	10	3 523	7 608	31 680	275 520	1 610 080	115 %	167 %

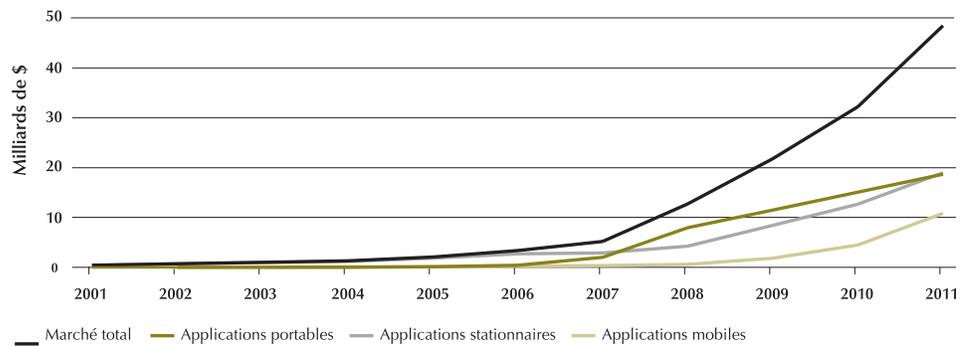
Source : PricewaterhouseCoopers

\* Croissance annuelle moyenne cumulative

Les utilisations à long terme, particulièrement pour les applications stationnaires et portables, pourraient être considérables dans les pays en développement, où l'accès aux sources d'énergie courantes laisse à désirer.

Les graphiques et les tableaux ci-après font état de la demande projetée selon le segment de marché et la période visée.

**FIGURE 7. PROJECTIONS DE LA DEMANDE GLOBALE DE SYSTÈMES DE PILES À COMBUSTIBLE**



Source : PricewaterhouseCoopers

**FIGURE 8. PROJECTIONS DE LA DEMANDE GLOBALE DE SYSTÈMES DE PILES À COMBUSTIBLE**

(millions de \$)

Segment de marché	2001	2003	2005	2007	2009	2011	CAMC*	
							de 2003 à 2011	de 2007 à 2011
<b>Applications stationnaires (MW)</b>	397	886	1 747	2 734	7 974	17 940	46 %	60 %
<b>Applications portables (milliers de systèmes)</b>	0	3	94	1 875	10 875	17 625	193 %	75 %
<b>Applications mobiles (systèmes)</b>	1	79	123	311	1 746	10 257	84 %	140 %
<b>Total Market</b>	398	968	1 963	4 920	20 595	45 822	62 %	75 %

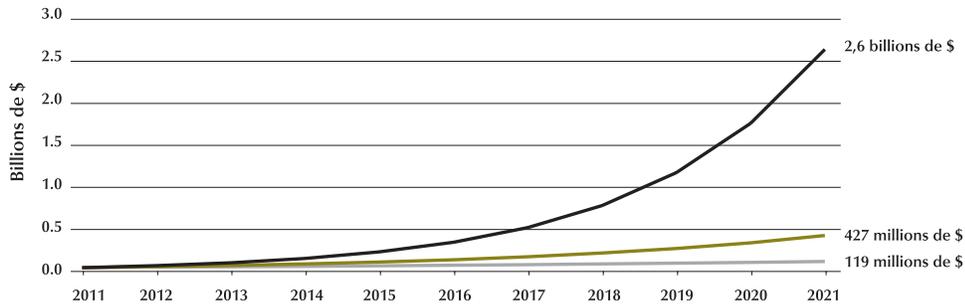
Source : PricewaterhouseCoopers

\* Croissance annuelle moyenne cumulative

Selon les projections, le taux de croissance moyenne de l'industrie devrait dépasser 60 p. 100 entre 2003 et 2011. Aucune prévision détaillée n'a été établie pour les années ultérieures à 2011, mais tout indique que le marché continuera de croître rapidement par la suite.

Pour la période comprise entre 2007 et 2011, on prévoit un taux de croissance annuel composé de 75 p. 100 en moyenne. Le graphique ci-après illustre l'incidence d'un taux de croissance moyen s'établissant respectivement à 10, à 25 et à 50 p. 100 par an jusqu'en 2021.

FIGURE 9. PROJECTIONS DE LA DEMANDE GLOBALE JUSQU'EN 2021



Taux de croissance composée : — 10 % — 25 % — 50 %

Source : PricewaterhouseCoopers

## Phases du marché

On reconnaît généralement le potentiel à long terme des piles à combustible, mais le défi immédiat consiste à cerner et à attirer les clients qui seront les premiers à adopter la technologie. Pour la plupart des entreprises, la transition vers les marchés de masse se fera graduellement.

### Définition de la notion de commercialisation

Pour la plupart des entreprises de haute technologie, y compris celles de l'industrie des piles à combustible, la ligne de démarcation entre le développement et la commercialisation de produits constitue une zone grise. Pour les besoins de la présente Carte routière, la « commercialisation » est définie comme étant la troisième et dernière phase du processus portant sur un nouveau produit<sup>12</sup> :

**développement préliminaire** : à partir de l'étape de l'idée jusqu'à la période précédant le développement du produit;

**développement et mise à l'essai** : développement du produit et essais à l'interne et auprès des clients;

**commercialisation** : mise en marché et démarrage de la production.

La phase de la commercialisation se divise en quatre étapes correspondant à l'évolution du marché :

**Démonstration** Production d'un petit nombre de piles à combustible à des fins de démonstration. Il s'agit de montrer que le marché est réceptif à des applications particulières en ce qui a trait à la qualité du produit (p. ex., la performance, la fiabilité et la durabilité).

**Marchés initiaux** Production commerciale de piles à combustible en vue de les vendre aux clients qui seront les premiers à les adopter, en l'occurrence des acheteurs avertis ayant des besoins particuliers (p. ex., la performance ou la fiabilité) que les piles à combustible permettent le mieux de combler. Ces acheteurs sont également prêts à payer un prix plus élevé. Les marchés initiaux supposent la mise en valeur de capacités de fabrication à grande échelle ainsi que la création et la mise en œuvre de chaînes d'approvisionnement.

**Marchés intermédiaires** On produit un volume accru de piles à combustible pour des marchés ne se limitant pas aux premiers clients qui les adoptent, mais il ne s'agit pas encore de marchés de masse. Par rapport aux marchés initiaux, le prix est un facteur plus déterminant des décisions d'achat dans le cas des marchés intermédiaires. En général, les acheteurs sont relativement bien renseignés au moment de prendre leur décision d'achat. La capacité de fabrication est la même que dans les marchés initiaux.

**Marchés matures** Les piles à combustible sont vendues en grand nombre dans les marchés de masse et sont largement acceptées par les consommateurs. Les acheteurs sont moins bien renseignés sur le produit. Pour la plupart d'entre eux, le prix est le facteur primordial de la décision d'achat, car la fiabilité et la performance ont été démontrées clairement dans les marchés initiaux et intermédiaires.

<sup>12</sup> Texte adapté d'après *Winning at New Products* de Robert G. Cooper.

**TABLEAU 1 — ÉTAPES DE LA COMMERCIALISATION POUR UNE ENTREPRISE TYPE DE L'INDUSTRIE DES PILES À COMBUSTIBLE**

*Nombre annuel de systèmes vendus*

**Applications stationnaires**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 kW	25–150 kW	>150 kW
Démonstration	10–100	10	10
Marchés initiaux	1,000	100–1,000	10–100
Marchés intermédiaires	1,000–10,000	1,000–10,000	100–1,000
Marchés matures	10,000	10,000	1,000

**Applications portables**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 W	25–100 W	>100 W
Démonstration	100–1,000	100	10–100
Marchés initiaux	1,000–10,000	1,000–10,000	1,000
Marchés intermédiaires	10,000	10,000	10,000
Marchés matures	100,000	100,000	10,000–100,000

**Applications mobiles**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 kW	25–125 kW	>125 kW
Démonstration	10–100	100	10
Marchés initiaux	1,000	1,000	100
Marchés intermédiaires	10,000	10,000	1,000
Marchés matures	10,000–100,000	100,000	10,000

Nota : Ce tableau indique le nombre de systèmes qu'une entreprise type de l'industrie des piles à combustible pourrait vendre en une année à chaque étape du processus de commercialisation sur le marché. Il ne montre pas les ventes que pourrait réaliser annuellement l'industrie dans son ensemble.

Ces étapes de la commercialisation s'appliquent à une entreprise type de l'industrie des piles à combustible selon le genre d'application et la puissance de la pile (voir le tableau 1). Les plages de puissance sont précisées à titre indicatif, les applications particulières variant d'un cas à l'autre. Chaque produit franchit les quatre étapes de manière légèrement différente.

## Position actuelle des entreprises canadiennes sur le marché des piles à combustible

À l'heure actuelle, différents produits canadiens de l'industrie des piles à combustible en sont à l'étape de la démonstration ou des marchés initiaux dans le processus de commercialisation (voir le tableau 2).

Bien d'autres produits devraient passer de la phase du développement et de la mise à l'essai à la commercialisation sur les marchés initiaux d'ici deux à cinq ans.

Non seulement les entreprises canadiennes font la production de piles à combustible et l'intégration de systèmes, mais aussi elles assurent nombre de services et de fonctions de soutien (voir le tableau 2). Par exemple, le Canada est le chef de file mondial du développement et de la commercialisation des postes d'essai de piles à combustible, plus de 300 systèmes ayant été vendus au cours des dix dernières années. Les postes d'essai seront de plus en plus en demande à mesure que la production de piles à combustible augmentera. Le Canada est bien placé pour continuer à dominer ce marché. Le succès des piles à combustible sur le marché ouvrira la voie à des tests de diagnostic après-vente, qui élargiront la gamme de produits de ces entreprises.

TABLEAU 2 — PRODUITS ACTUELS : ENTREPRISES CANADIENNES DE L'INDUSTRIE DES PILES À COMBUSTIBLE

**Applications stationnaires**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 kW	25–150 kW	>150 kW
<b>Démonstration</b>	PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (1,2 kW) Système de cogénération PEMFC <b>Ebara et Ballard</b> (1 kW) Système de cogénération SOFC <b>Fuel Cell Technologies</b> (5 kW) Système d'alimentation d'appoint PEMFC HyUPS de <b>Hydrogenics</b> (25 kW) Système d'alimentation à récupération de <b>Palcan</b> avec piles à combustible et photovoltaïques intégrées (3 kW)	PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (de 1,2 kW à 60 kW) Génératrice HySTAT de <b>Hydrogenics</b> (50 kW)	Services de génie et d'intégration des composants connexes (BOP) de <b>Kinectrics</b> pour centrale de cogénération SOFC (250 kW)
<b>Marchés initiaux</b>	PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (1,2 kW)	PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (de 1 à 60 kW)	

**Applications portables**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 W	25–100 W	>100 W
<b>Démonstration</b>		DMFC-batterie hybride de <b>Energy Visions</b>	PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (1 200 à 60 000 W) Génératrice PEMFC HyPORT-CTM de <b>Hydrogenics</b> (500 W) Génératrice PEMFC HyPORT de <b>Hydrogenics</b> (5 000 W)
<b>Marchés initiaux</b>			PEMFC Nexa de <b>Ballard</b> (1 200 W)

**Applications mobiles**

ÉTAPE	PUISSANCE DES SYSTÈMES :		
	<25 kW	25–125 kW	>125 kW
<b>Démonstration</b>	Module d'alimentation HyPM de <b>Hydrogenics</b> (20 kW) Module d'alimentation HyPM-LP2 (de 20 à >125 kW) Groupe auxiliaire de puissance à récupération HyPORT-E de <b>Hydrogenics</b> (5 kW) Bicyclette à piles à combustible de <b>Palcan</b> (0,5 kW) Group auxiliaire de puissance de <b>Palcan</b> (3 kW) Scooter à piles à combustible de <b>Palcan</b> (de 1,5 à 2 kW)	Module d'alimentation PEMFC Mark 902 et moteur à piles à combustible HY 75 de <b>Ballard</b>	Module d'alimentation PEMFC Mark 902 et moteur de véhicule lourd à piles à combustible HY de <b>Ballard</b> (205 kW)
<b>Marchés initiaux</b>		Module d'alimentation PEMFC Mark 902 et moteur à piles à combustible HY 75 de <b>Ballard</b>	Module d'alimentation PEMFC Mark 902 et moteur de véhicule lourd HY de <b>Ballard</b> (205 kW)

TABLEAU 2 — PRODUITS ACTUELS : ENTREPRISES CANADIENNES DE L'INDUSTRIE DES PILES À COMBUSTIBLE

**Produits et services de soutien pour les piles à combustible\***

<b>Démonstration</b>	<p><b>DuPont</b> : Plaques à champs de propagation à valeur ajoutée pour les applications des PEMFC et des DMFC</p> <p><b>Dynetek</b> : Poste mobile de ravitaillement en hydrogène Stockage d'hydrogène stationnaire (5 000 lb/po<sup>2</sup>) Bouteilles de stockage d'hydrogène pour véhicules à piles à combustible</p> <p><b>Hera</b> : Capacité de stockage dans des bidons en hydrure métallique de Hera</p> <p><b>Kinectrics</b> : Services en génie de la conception et en intégration de systèmes pour la démonstration précommerciale de la SOFC 250 kW de Siemens Westinghouse</p> <p><b>Praxair</b> : Capacité de distribution d'hydrogène (bouteilles)</p> <p><b>QuestAir<sup>MD</sup></b> : Systèmes de purification d'hydrogène AMP H-3200</p> <p><b>HyQuestor</b> : Purification d'hydrogène à grande échelle</p> <p><b>Stuart Energy</b> : Ravitailleur personnel en hydrogène</p> <p><b>Xantrex</b> : Convertisseurs et commandes</p>
<b>Marchés initiaux</b>	<p><b>Ballard</b> : Groupes électrogènes à l'hydrogène et au gaz naturel à l'appui de l'infrastructure des piles à combustible</p> <p><b>DuPont</b> : Membranes Nafion®, ensembles membrane-électrolyte et plaques de champs de propagation</p> <p><b>General Hydrogen</b> : Systèmes de ravitaillement Hydricity<sup>MD</sup></p> <p><b>Greenlight</b> : Postes d'essai de piles à combustible</p> <p><b>Hydrogenics</b> : Systèmes d'essai et de commandes de piles à combustible FCATS, FCAVS et IMPACT</p> <p><b>Methanex</b> : Trousse d'alimentation en combustible MCELL — système modulaire de stockage et de manutention du combustible offrant des solutions polycombustible (méthanol, mélange méthanol-eau, hydrogène pur)</p> <p><b>QuestAir</b> : Appareil de purification d'hydrogène ultra-compact H-6100 pour les systèmes de traitement du combustible servant aux applications stationnaires</p> <p><b>QuestAir</b> : Appareil de purification d'hydrogène ultra-compact H-9100 conçu pour les systèmes internes de traitement du combustible</p> <p><b>QuestAir</b> : Système de gestion des gaz C-7100 pour les piles à combustible haute température (MCFC ou SOFC)</p> <p><b>Stuart Energy</b> : Ravitailleurs en hydrogène Bus Fueler and Community Fueler</p> <p><b>Xantrex</b> : Convertisseurs et commandes</p>

\* Comprend l'intégration de systèmes; la conception, la fabrication et la distribution de composants de piles à combustible; la fabrication, l'intégration et le développement de systèmes, les combustibles et les systèmes de ravitaillement et le stockage du combustible; l'équipement d'essai ou de détection; les systèmes de commande; et les services de génie.

## Leviers du marché

Pour les produits de l'industrie des piles à combustible, les leviers du marché varieront à mesure que les produits franchiront les quatre étapes de la commercialisation sur le marché (voir le tableau 3). Ces leviers peuvent être divisés en deux grandes catégories :

**Les macro-leviers** sont principalement liés aux politiques et aux stimulants gouvernementaux et à la législation. La réduction de la pollution et des émissions de GES, de même que la nécessité d'assurer la sécurité énergétique et de réduire les coûts de santé demeureront des macro-leviers déterminants qui favoriseront l'adoption généralisée de la technologie des piles à combustible. L'on prévoit que la législation et la réglementation gouvernementales prendront de plus en plus d'importance à mesure que cette technologie s'améliorera, en particulier pour les applications mobiles.

**Les micro-leviers** se rapportent aux besoins du marché et à la capacité de l'industrie des piles à combustible à y répondre. À l'étape de la démonstration, la qualité des produits et la nécessité de se faire connaître en tant que premier acheteur peuvent se révéler des leviers importants. À mesure que les produits franchissent chaque étape de la commercialisation sur le marché, d'autres micro-leviers entrent en jeu, comme la qualité éprouvée des produits, la compétitivité sur le plan des coûts, (par comparaison aux autres technologies) et la capacité de production en série.

TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications stationnaires de faible puissance (<25 kW)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE	macro-leviers	PRINCIPAUX LEVIERS micro-leviers	Exemples d'utilisations	MARCHÉS Exemples d'utilisateurs
Démonstration	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé	Qualité des produits Capacités uniques Coût du cycle de vie du produit	Alimentation d'appoint ou de secours PEMFC Cogénération SOFC Alimentation primaire PEMFC et SOFC hors réseau	Maisons unifamiliales Petites installations de télécommunications Gouvernements (p. ex., petits immeubles publics) Petits immeubles commerciaux Maisons de villégiature (p. ex., chalets)
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains Économie d'énergie	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Aspect pratique Énergie de qualité	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs	Éléments ci-dessus plus... Stockage d'énergie PEMFC et SOFC	Éléments ci-dessus plus... Petits lotissements résidentiels Petits immeubles d'habitation multifamiliaux Petites collectivités hors réseau dans les pays industrialisés
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Demande de nouvelles sources d'énergie	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Petites collectivités hors réseau dans les pays en développement

\* Information fournie par les participants

TABIEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications stationnaires de puissance moyenne (25–150 kW)

ÉTAPE	PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS		
	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs	
<b>Démonstration</b>	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé Réglementation environnementale des gouvernements étrangers Politiques gouvernementales portant sur la technologie, l'énergie et l'innovation Sécurité énergétique	Qualité des produits Capacités uniques Coût du cycle de vie du produit Disponibilité continue d'énergie Capacité de fournir les produits Partenariats	Alimentation d'appoint ou de secours PEMFC Cogénération SOFC Alimentation primaire PEMFC et SOFC hors réseau	Installations de télécommunications Centres informatiques Gouvernements (p. ex., grands immeubles publics) Immeubles commerciaux Centres de villégiature (p. ex., auberges)
<b>Marchés initiaux</b>	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains Économie d'énergie	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Aspect pratique Énergie de qualité	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Petits hôpitaux Petites exploitations industrielles en régions éloignées (p. ex., mines)
<b>Marchés intermédiaires</b>	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs	Éléments ci-dessus plus... Stockage d'énergie PEMFC et SOFC	Éléments ci-dessus plus... Grands lotissements résidentiels Grands immeubles d'habitation multifamiliaux Grands collectifs hors réseau dans les pays industrialisés
<b>Marchés matures</b>	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Demande de nouvelles sources d'énergie	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Grands collectifs hors réseau dans les pays en développement

TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications stationnaires de grande puissance (>150 kW)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs		
Démonstration	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé Réglementation environnementale des gouvernements étrangers Politiques gouvernementales portant sur la technologie, l'énergie et l'innovation Sécurité énergétique	Qualité des produits Capacités uniques Coût du cycle de vie du produit Disponibilité continue d'énergie Capacité de fournir les produits Partenariats	Alimentation d'appoint ou de secours PEMFC Cogénération SOFC Alimentation primaire PEMFC et SOFC hors réseau	Grandes installations de télécommunications Grandes centres informatiques Gouvernements (p. ex., grands immeubles publics) Grands immeubles et lotissements commerciaux (p. ex., centres commerciaux)	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains Économie d'énergie et efficacité énergétique	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Aspect pratique Énergie de qualité	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Grands hôpitaux Stations d'épuration des eaux usées Usines de galvanoplastie Grandes exploitations industrielles en régions éloignées (p. ex., mines et scieries)	
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs	Éléments ci-dessus plus... Stockage d'énergie PEMFC et SOFC	Éléments ci-dessus plus... Très grands lotissements résidentiels Très grandes collectivités hors réseau dans les pays industrialisés	
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Demande de nouvelles sources d'énergie Évitement de coûts en capital pour de nouvelles installations courantes de production d'électricité (p. ex., hydroélectricité)	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Très grandes collectivités hors réseau dans les pays en développement Grandes collectivités reliées au réseau	

TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications portables de faible puissance (<25 W)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE	PRINCIPAUX LEVIERS macro-leviers	PRINCIPAUX LEVIERS micro-leviers	Exemples d'utilisations	MARCHÉS Exemples d'utilisateurs
Démonstration	Maintenant à 2010	Politiques gouvernementales portant sur la technologie et l'innovation	Qualité des produits Capacités uniques Réduction du poids Capacité de fournir les produits Partenariats	Remplacement des piles courantes Appareils portatifs (p. ex., assistants numériques personnels)	Forces armées Petits fabricants de produits électroniques
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables	Éléments ci-dessus plus... Chargeurs de piles	Éléments ci-dessus plus... Grand public
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Capacité de production en série	Éléments ci-dessus plus... Appareils photo Appareils auditifs Appareils électroniques portatifs (p. ex., lecteurs de disques compacts) Téléphones cellulaires Jouets Petits outils électriques	Éléments ci-dessus
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Fiabilité élevée Compétitivité sur le plan des coûts	Éléments ci-dessus plus... Dispositifs médicaux (p. ex., stimulateurs cardiaques)	Éléments ci-dessus

**TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS**

**Applications portables de puissance moyenne (25 - 100 W)**

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	Maintenant à 2010	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs	
Démonstration	Maintenant à 2010	Politiques gouvernementales portant sur la technologie et l'innovation	Qualité des produits Capacités uniques Réduction du poids Réduction du bruit Capacité de fournir les produits	Remplacement des piles courantes pour ordinateurs portatifs Piles à combustible de poche	Forces armées Fabricants d'ordinateurs portatifs Grand public	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus	Partenariats Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus	
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus	Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Capacité de production en série	Éléments ci-dessus plus... Remplacement des piles courantes pour autres appareils électroniques Gros outils électriques	Éléments ci-dessus	
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts	Gros jouets	Éléments ci-dessus	

**TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS**

**Applications portables de grande puissance (> 100 W)**

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	Maintenant à 2010	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs	
Démonstration	Maintenant à 2010	Politiques gouvernementales portant sur la technologie et l'innovation	Qualité des produits Capacités uniques Réduction du poids Réduction du bruit Capacité de fournir les produits	Génératrices Piles à combustible de poche (applications militaires)	Forces armées Industrie Grand public	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus	Partenariats Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables	Éléments ci-dessus plus... Illumination des panneaux routiers Piles à combustible de poche (applications commerciales)	Éléments ci-dessus plus... Gouvernements (p. ex., routes) Secteur commercial (arpenteurs-géomètres)	
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Capacité de production en série	Éléments ci-dessus plus... Piles à combustible de poche (applications récréatives)	Éléments ci-dessus	
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts	Éléments ci-dessus plus... Gros outils électriques (p. ex., scies mécaniques et souffleuses à feuilles)	Éléments ci-dessus	

TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications mobiles de faible puissance (<25 kW)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs		
Démonstration	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé	Qualité des produits Capacités uniques Capacité de fournir les produits Partenariats	Groupes auxiliaires de puissance pour camions et autres véhicules Groupes auxiliaires de puissance pour aéronefs Remplacement de moteurs à deux temps (p. ex., bicyclettes électriques, scooters) Petit équipement de manutention (p. ex., chariots élévateurs à fourche, équipement de manutention de palettes) Convoyeurs de personnes à l'intérieur des aéroports Voiturettes de golf Aides à la mobilité personnelle (p. ex., fauteuils roulants électriques)	Gouvernements Forces armées Constructeurs de camions Parcs de camions commerciaux Constructeurs d'aéronefs Lignes aériennes Aéroports Terrains de golf Exploitations industrielles (p. ex., entrepôts) Fabricants de bicyclettes et de scooters	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Infrastructure de ravitaillement pour parcs de véhicules	Éléments ci-dessus plus... Grand public pour un éventail restreint d'applications (p. ex., scooters, voiturettes de golf et bicyclettes)		
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Plateformes normalisées Infrastructure de ravitaillement plus répandue	Éléments ci-dessus plus... Grand public pour un plus large éventail d'applications (p. ex., petites motoneiges et véhicules tout-terrain)		
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série Vaste infrastructure de ravitaillement	Éléments ci-dessus plus... Grand public pour un vaste éventail d'applications (p. ex., motocyclettes, petites embarcations)		

TABLEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications mobiles de puissance moyenne (25 - 125 kW)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	macro-leviers	micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs		
Démonstration	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé Réglementation environnementale des gouvernements étrangers Politiques gouvernementales portant sur la technologie, l'énergie et l'innovation Sécurité énergétique	Qualité des produits Capacités uniques Capacité de fournir les produits Partenariats	Petits autobus Voitures automobiles Camions utilitaires légers Véhicules utilitaires (p. ex., entretien des terrains) Équipement de manutention (p. ex., chariots élévateurs à fourche)	Services de transport en commun Constructeurs d'automobiles Constructeurs de petits camions Constructeurs de véhicules utilitaires Parcs de véhicules gouvernementaux (p. ex., bureaux de poste) Forces armées Parcs de camions commerciaux Exploitations industrielles (p. ex., entrepôts)	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Infrastructure de ravitaillement pour parcs de véhicules	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus	
Marchés intermédiaires	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Plateformes normalisées Infrastructure de ravitaillement plus répandue	Éléments ci-dessus plus... Petits véhicules et équipements industriels hors route (p. ex., chargeurs, treuils et wagons de mine) Meilleur choix de modèles de voitures automobiles et de camions à piles à combustible	Éléments ci-dessus plus... Exploitations minières et forestières Parcs de véhicules automobiles et de camions	
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série Vaste infrastructure de ravitaillement	Éléments ci-dessus plus... Grand choix de modèles de voitures automobiles et de camions à piles à combustible Embarcations de plaisance	Éléments ci-dessus plus... Grand public	

TABEAU 3 — MARCHÉS DES PILES À COMBUSTIBLE ET PRINCIPAUX LEVIERS

Applications mobiles de grande puissance (>125 kW)

ÉTAPE	PÉRIODE VISÉE		PRINCIPAUX LEVIERS		MARCHÉS	
	macro-leviers		micro-leviers	Exemples d'utilisations	Exemples d'utilisateurs	
Démonstration	Maintenant à 2010	Intérêt accordé par les gouvernements nord-américains à l'environnement et à la santé Réglementation environnementale des gouvernements étrangers Politiques gouvernementales portant sur la technologie, l'énergie et l'innovation Sécurité énergétique	Sensibilisation du public Qualité des produits Capacités uniques Capacité de fournir les produits Partenariats	Autobus Véhicules militaires (p. ex., Hummer, véhicules de transport des troupes) Sous-marins Navires de surface	Systèmes de transport en commun Forces armées Établissements de recherche maritime	
Marchés initiaux	Maintenant à 2015	Éléments ci-dessus plus... Introduction de la réglementation et de politiques environnementales par les gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Utilisations dans des créneaux rentables Infrastructure de ravitaillement pour parcs de véhicules	Éléments ci-dessus	Éléments ci-dessus	
Marchés matures	De 2005 à 2020	Éléments ci-dessus plus... Exigences accrues de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains Stimulants fiscaux	Éléments ci-dessus plus... Qualité éprouvée Profits pour les fournisseurs Plateformes normalisées Infrastructure de ravitaillement plus répandue	Éléments ci-dessus plus... Camions utilitaires lourds Gros véhicules industriels hors route (p. ex., chargeurs, treuils et wagons de mine) Camions lourds	Éléments ci-dessus plus... Parcs de camions commerciaux Exploitations minières et forestières Parcs de véhicules automobiles	
Marchés matures	Après 2010	Éléments ci-dessus plus... Application plus vaste de la réglementation et des politiques environnementales des gouvernements nord-américains	Éléments ci-dessus plus... Compétitivité sur le plan des coûts Capacité de production en série Vaste infrastructure de ravitaillement	Éléments ci-dessus plus... Locomotives Gros bateaux de plaisance Navires	Éléments ci-dessus plus... Sociétés ferroviaires Grand public Sociétés de transport maritime	

## Utilisations et utilisateurs des produits

### Démonstration et marchés initiaux

Les gouvernements figurent parmi les premiers organismes à adopter la technologie des piles à combustible à l'étape de la démonstration ou des marchés initiaux. Le leadership du gouvernement fédéral peut contribuer grandement à l'introduction d'une telle technologie sur le marché, en comblant le vide entre les programmes pilotes de pointe relativement coûteux et la commercialisation de produits concurrentiels sur le plan des coûts.

Le gouvernement pourrait adopter dès le début des systèmes de piles à combustible pour des applications stationnaires, portables et mobiles : autobus, parcs de véhicules automobiles, applications militaires, utilisations industrielles, piles à combustible à usage résidentiel pour alimenter les immeubles publics et communautaires et d'autres bâtiments ainsi que production d'énergie dans les collectivités canadiennes éloignées.

Aux États-Unis, les forces armées ont de tout temps été parmi les premiers utilisateurs des technologies nouvelles et ont déjà manifesté leur intérêt à l'égard de plusieurs applications des piles à combustible. Elles disposent des ressources voulues pour évaluer et adopter celles qui peuvent améliorer leur performance et combler les besoins qui leur sont propres, ce qui en fait un candidat de choix à l'étape des marchés initiaux.

En règle générale, les marchés initiaux des piles à combustible ont trait à des produits spécialisés (voir le tableau 3). La plupart des acheteurs sont des utilisateurs avertis qui ont des besoins précis en matière de rendement et s'intéressent en particulier aux coûts du cycle de vie du produit - un coût élevé ne constituant pas un obstacle majeur à l'achat. Les démonstrations antérieures auront fait la preuve de la capacité du produit à répondre aux exigences.

Pour s'adjoindre les clients de marchés initiaux, les producteurs de piles à combustible seront peut-être appelés à vendre leurs produits à un prix bien inférieur au coût de fabrication. En contrepartie, ils obtiendront ainsi une part du marché et se feront connaître. Il s'agit là d'une stratégie éprouvée en matière de commercialisation.

### Marchés intermédiaires et matures

Pour atteindre l'étape des marchés intermédiaires et continuer d'être rentables, les producteurs doivent être en mesure de vendre leurs produits en réalisant un bénéfice. L'établissement de prix concurrentiels par rapport aux technologies en place sera un facteur déterminant. Les types d'applications et de marchés se multiplieront à mesure que les produits pourront soutenir la concurrence tout en offrant des avantages supplémentaires. Le grand public joindra les rangs de la clientèle - en particulier pour les applications mobiles - et chaque application pourra faire appel à différentes technologies de piles à combustible.

La plupart des produits de l'industrie des piles à combustible franchiront les quatre étapes, mais à un rythme variant d'une application à l'autre.

Dans ce secteur, un nombre appréciable de produits canadiens en sont déjà à l'étape de la démonstration ou des marchés initiaux (voir le tableau 2). Pour que le Canada maintienne son avantage concurrentiel par rapport aux producteurs étrangers de piles à combustible, il sera essentiel d'accroître le nombre de produits canadiens qui passent de la R-D à l'étape de la démonstration puis à celle des marchés initiaux au cours des trois prochaines années (de 2003 à 2005).

Plusieurs produits devraient accéder à l'étape des marchés intermédiaires au cours de cette période; certains autres produits se prêtant à des applications répandues passeront à l'étape des marchés matures. Tout indique que le secteur des applications mobiles accusera un retard d'environ cinq ans par rapport à ceux des applications portables et stationnaires dans les marchés matures, en raison des défis inhérents à la construction de voitures à piles à combustible concurrentielles par rapport aux véhicules à moteur à combustion interne sur le plan de la performance et, qui plus est, du coût. Cette compétitivité sur le plan des coûts est essentielle pour attirer à long terme une proportion appréciable des consommateurs du marché général de l'automobile.

En parallèle à cette progression, il faudra aménager une infrastructure de ravitaillement en combustible et parvenir à des coûts unitaires permettant de soutenir la concurrence des carburants courants tels que l'essence et le gaz naturel. Cette complication est un obstacle de plus à la commercialisation rapide et il faut par conséquent y accorder la même priorité.



La bicyclette à piles à combustible de Palcan utilise le module d'alimentation PalPac<sup>MD</sup>

# Défis inhérents à la commercialisation

En matière de commercialisation, l'industrie canadienne des piles à combustible se heurte à plusieurs défis de taille. Pour surmonter ces défis communs à l'industrie dans son ensemble, peu importe le produit, le marché visé ou le stade de développement, tous les intervenants devront mener une action concertée afin de commercialiser avec succès les piles à combustible. Par ailleurs, comme la plupart des défis sont interdépendants, il faut les affronter simultanément.

Les défis sont résumés ci-après (voir le tableau 4 pour connaître les critères particuliers se rapportant à chacun ainsi que les jalons associés aux différentes étapes de la commercialisation sur le marché).

## Stimuler la demande sur les marchés initiaux

Le prix élevé des nouveaux produits offerts par l'industrie des piles à combustible - qui reflète les coûts de production supérieurs liés aux faibles volumes de production - crée un obstacle pour les acheteurs potentiels. Les coûts de production et, par le fait même, les prix baisseront lorsque le volume de production s'accroîtra sous l'effet de la demande. Plus vite cette demande sera générée, plus vite l'industrie pourra réduire les coûts et avoir ainsi accès à de nouveaux marchés. Un effort concerté est essentiel pour bénéficier d'une bonne longueur d'avance dès le départ sur ce marché et atteindre un volume de production initial assez élevé pour réduire les coûts. Cet effort exigera un programme énergique comportant des projets de démonstration, des possibilités de mise à l'essai et des mesures visant à inciter les clients éventuels à faire un premier achat pour faire connaître les exigences des utilisateurs, confirmer les avantages de la technologie des piles à combustible et éliminer l'incertitude associée à la première utilisation.

### Défis

**Sensibiliser davantage les marchés**

**Mieux connaître les marchés**

### Améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts

Pour rivaliser avec les technologies en place qui sont largement acceptées et constamment perfectionnées, l'industrie des piles à combustible doit améliorer la qualité des produits et réduire les coûts de production. La qualité des produits englobe la performance, la fiabilité et la durabilité. Selon le produit et l'application, il faut que les piles coûtent de une à dix fois moins cher. Par ailleurs, la réduction des coûts exigera à la fois le développement de matériaux, de produits et de procédés ainsi que des études de conception. Une chaîne d'approvisionnement intégrée assurant l'accès à des matériaux et à des composants de qualité offerts à prix concurrentiel est essentielle pour réduire les coûts. Pour favoriser l'efficacité de la chaîne d'approvisionnement, les entreprises spécialisées dans la conception de piles à combustible et l'intégration de systèmes doivent normaliser les spécifications des composants. Il faut par ailleurs encourager les fournisseurs à offrir sur les marchés initiaux des services de conception, de génie et de maintenance d'une importance cruciale pour les entreprises spécialisées dans la conception et l'intégration de systèmes ainsi que pour les premiers utilisateurs.

#### Défis

**Continuer d'améliorer la qualité des produits**

**Continuer de réduire le coût des produits**

**Créer une chaîne d'approvisionnement coordonnée pour les systèmes de piles à combustible**

### Financement

Il faut trouver des approches ingénieuses en matière de financement afin d'assurer aux entreprises de l'industrie l'accès aux ressources financières dont elles auront besoin à chacune des étapes de la commercialisation des produits. La formation de partenariats et d'alliances stratégiques permettra de mobiliser une partie des ressources nécessaires. Toutefois, le coût à assumer pour accroître la portée et l'ampleur des activités de production et de marketing sur lesquelles repose le succès de la commercialisation sollicite gravement les ressources financières dont disposent la plupart des participants de l'industrie.

#### Défi

**Avoir accès au capital**

### Créer des infrastructures de soutien

Pour certaines applications des piles à combustible - en particulier dans le secteur des applications mobiles -, il faudra aménager les infrastructures de soutien, notamment en ce qui a trait à la disponibilité de main-d'œuvre qualifiée, à l'établissement de normes et de codes qui permettent d'adopter sans risque des applications des piles à combustible et qui se prêtent à l'interconnectivité; ainsi que, au besoin, à l'aménagement d'une infrastructure de ravitaillement.

#### Défis

**Bénéficier d'une main-d'œuvre qualifiée**

**Aménager une infrastructure de ravitaillement**

**Établir des codes et des normes**

TABLEAU 4 — DÉFIS ET JALONS DE LA COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE

**Stimuler la demande sur les marchés initiaux**

DÉFIS ET EXEMPLES DE CRITÈRES	Démonstration	Marchés initiaux	JALONS	Marchés matures
Sensibiliser davantage les marchés				
Comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie des piles à combustible</li> <li>• Utilisations</li> <li>• Coûts</li> <li>• Performance ou capacités</li> <li>• Avantages (p. ex., environnementaux)</li> <li>• Sécurité</li> <li>• Disponibilité</li> </ul>	Recrutement de partenaires et de participants lors des démonstrations	Acceptation des propositions de valeur des premiers utilisateurs pour les applications initiales	Plus large acceptation des propositions de valeur pour un plus grand éventail d'applications	Très large acceptation des propositions de valeur pour un plus grand éventail d'applications
Mieux connaître les marchés				
Comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Segments</li> <li>• Besoins et applications</li> <li>• Taille et croissance</li> <li>• Premiers utilisateurs à adopter la technologie par opposition aux derniers</li> <li>• Établissement des prix</li> <li>• Technologies concurrentes</li> </ul>	Définition des propositions de valeur et confirmation auprès des premiers utilisateurs Partenaires et participants aux démonstrations clairement identifiés	Délimitation des marchés initiaux, élaboration des stratégies d'entrée sur le marché et recrutement des premiers clients	Délimitation des marchés intermédiaires, élaboration des stratégies d'entrée sur le marché et recrutement d'un plus large éventail de clients	Délimitation des marchés matures, élaboration des stratégies d'entrée sur le marché et recrutement d'un vaste éventail de clients

**Améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts**

DÉFIS ET EXEMPLES DE CRITÈRES	Démonstration	Marchés initiaux	JALONS	Marchés matures
Continuer d'améliorer la qualité des produits				
Comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comblent le retard technologique en matière de : <ul style="list-style-type: none"> <li>– Performance</li> <li>– Fiabilité</li> <li>– Durabilité</li> <li>– Longévité</li> <li>– Sécurité</li> <li>– Normes environnementales</li> </ul> </li> </ul>	Mise à l'essai complète de toutes les pièces du système Respect des critères de performance minimaux	Amélioration de la qualité par rapport aux technologies en place Technologie se rapprochant des technologies en place selon certains critères Homologation des produits	Qualité se rapprochant de celle des technologies en place selon la plupart des critères	Qualité égale ou supérieure à celle des technologies en place selon la plupart ou l'ensemble des critères
Continuer de réduire les coûts				
Comprend : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Achat</li> <li>• Cycle de vie du produit, y compris la maintenance et l'élimination</li> <li>• Composants et matériaux</li> <li>• Installation et intégration</li> <li>• Fabrication</li> <li>• Vente et distribution</li> </ul>	Démonstration de la capacité à continuer de réduire les coûts	Coûts se rapprochant davantage de ceux des technologies en place selon certains critères Coûts acceptables pour les utilisateurs des divers créneaux Création de la chaîne d'approvisionnement	Coûts se rapprochant de ceux des technologies en place selon un plus grand nombre de critères Mise en place d'une chaîne d'approvisionnement	Coûts égaux ou inférieurs à ceux des technologies en place selon la plupart ou l'ensemble des critères

TABLEAU 4 — DÉFIS ET JALONS DE LA COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE

Financement		JALONS	
DÉFIS ET EXEMPLES DE CRITIÈRES	Démonstration	Marchés initiaux	Marchés intermédiaires
<p>Avoir accès au capital</p> <p>Comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Exploitation générale</li> <li>● Recherche appliquée et développement de produits</li> <li>● Main-d'œuvre qualifiée</li> <li>● Démonstrations</li> <li>● Installations</li> <li>● Production</li> <li>● Distribution</li> <li>● Matériel et outillage</li> </ul>	<p>Recrutement de partenaires ou de clients pour partager les coûts dans le cadre de projets de démonstration et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits</p>	<p>Obtention du financement pour entreprendre la production en petites quantités et les programmes de vente et de marketing initiaux et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits</p>	<p>Obtention du financement pour accroître le volume de production et les programmes de vente et de marketing et améliorer les technologies de fabrication</p>
		Marchés matures	Obtention du financement pour entreprendre la production en grandes quantités et des programmes de vente et de marketing soutenus à grande échelle
Créer des infrastructures de soutien		JALONS	
DÉFIS ET EXEMPLES DE CRITIÈRES	Démonstration	Marchés initiaux	Marchés intermédiaires
<p>Bénéficier d'une main-d'œuvre qualifiée</p> <p>Comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Ingénierie</li> <li>● Sciences</li> <li>● Conception industrielle</li> <li>● Commercialisation de la technologie</li> <li>● Techniciens</li> <li>● Gens de métiers</li> </ul> <p>Aménager une infrastructure de ravitaillement</p> <p>Comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Type de combustible</li> <li>● Livraison du combustible</li> <li>● Stockage du combustible</li> <li>● Traitement du combustible</li> <li>● Conditionnement</li> <li>● Qualité</li> <li>● Disponibilité</li> </ul>	<p>Création d'un bassin suffisant de travailleurs qualifiés dans les domaines techniques pour appuyer les projets de démonstration et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits</p>	<p>Création d'un bassin de travailleurs qualifiés pour assurer la commercialisation, la production et les services ainsi que les activités de soutien</p>	<p>Création d'un bassin de travailleurs qualifiés suffisant pour répondre aux besoins liés à la production (y compris la fabrication du matériel et de l'outillage) et à leur entretien</p>
	<p>Recensement des solutions et confirmation de ces dernières auprès des premiers utilisateurs</p>	<p>Infrastructure pour les applications initiales</p>	<p>Infrastructure de ravitaillement plus répandue, se rapprochant de celle associée aux technologies en place</p>
	<p>Établir des normes et des codes</p> <p>Comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Combustible</li> <li>● Infrastructure</li> <li>● Stockage</li> <li>● Composants connexes (BOP)</li> <li>● Interconnectivité</li> <li>● Élimination</li> </ul>	<p>Détermination des normes et des codes appropriés et désignation des organismes compétents qui les établiront</p>	<p>Adoption de normes et de codes appropriés concernant la technologie</p>
		<p>Adoption de normes et de codes appropriés concernant la fabrication</p> <p>Adoptions de normes appropriées concernant l'attestation des compétences</p>	<p>Adoption de normes élevées en matière d'assurance de la qualité</p>
		<p>Vaste infrastructure similaire ou supérieure à celle associée aux technologies en place</p>	

# Stratégies et mesures

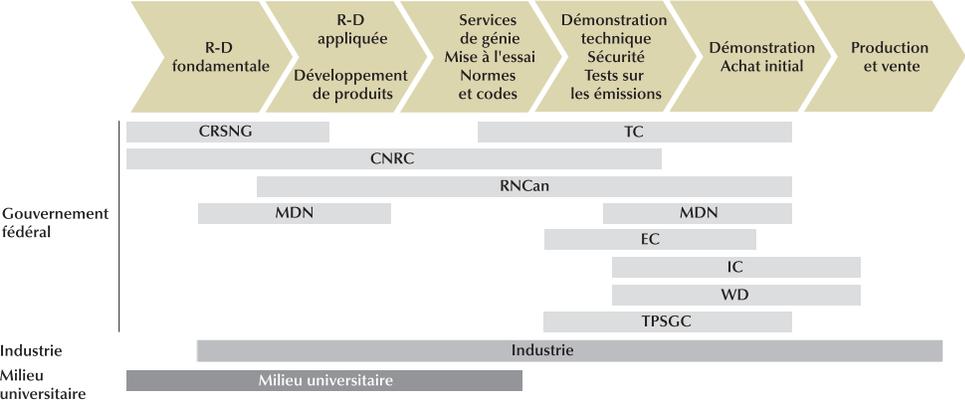
Les participants à l'élaboration de la présente Carte routière ont cerné les défis à relever et les résultats escomptés. La Carte routière propose un vaste ensemble de stratégies et de mesures pour surmonter ces défis et atteindre ces résultats.

L'un des principaux résultats escomptés consiste à élaborer une stratégie nationale sur les piles à combustible, qui vise avant tout à maintenir la compétitivité du Canada afin de soutenir la concurrence de plus en plus vive sur la scène mondiale. À de nombreux égards, la Carte routière constitue un premier pas en vue d'établir cette stratégie nationale.

## Résultats escomptés

- Élaborer au cours de l'exercice à venir une stratégie nationale sur les piles à combustible, qui reflète l'engagement commun de tous les principaux intervenants (voir le tableau 5).
- Désigner les porte-parole parmi les principaux intervenants, qui continueront de promouvoir l'industrie canadienne des piles à combustible.
- Renseigner le gouvernement et les autres premiers utilisateurs sur les avantages à long terme des piles à combustible et les raisons pour lesquelles ils devraient faire la démonstration ou l'achat de produits de l'industrie des piles à combustible (p. ex., une technologie non polluante qui aidera le Canada à atteindre les objectifs établis en vertu du Protocole de Kyoto).
- Appuyer la R-D, le développement de produits et leur mise en marché initiale.

FIGURE 10. Stades du développement



Source: Industrie Canada

## Facteurs de réussite

Afin d'obtenir les résultats escomptés, la présente Carte routière fait état de stratégies et de mesures se rapportant à chaque défi (voir au tableau 5 les stratégies et les mesures propres à chaque défi). Dans la plupart des cas, il convient de considérer ces mesures uniquement comme un point de départ, qui doit être suivi d'un plan de mise en œuvre abordant chaque mesure plus en détail. La période visée correspondant à chaque mesure met l'accent sur ce qui doit être fait au cours des prochaines années en vue de commercialiser les piles à combustible. Cette période est particulièrement déterminante pour que l'industrie demeure concurrentielle à l'échelle mondiale.

Les principales mesures proposées pour chaque défi sont résumées ci-après.

### Stimuler la demande sur les marchés initiaux

- Créer des projets de démonstration permettant de faire connaître la technologie des piles à combustible, de valider la fiabilité des produits et la production, d'améliorer la robustesse des produits et d'obtenir les données nécessaires à leur commercialisation.
- Élaborer des programmes d'information s'adressant aux artisans de la politique, aux fournisseurs de services, aux consommateurs et aux étudiants.
- Créer des programmes pour encourager l'achat de produits sur les marchés initiaux ainsi que les analyses comparatives, permettre la démonstration publique de la technologie et procurer rapidement à l'industrie des recettes essentielles à leur essor.

### Améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts

- Cerner les obstacles en matière de performance et de coûts des produits et élaborer des stratégies pour les surmonter.
- Stimuler la R-D concertée sur les matériaux, le coût des composants et la normalisation des produits; intégrer les plans ou les procédés de production pour les principaux éléments de coût, afin de réduire le coût des produits.
- Mener des projets de démonstration pour étayer les propositions de coût et de valeur en matière de performance en milieu opérationnel et créer une base de données permanente sur la performance avérée des piles à combustible.
- Créer une tribune sur la chaîne d'approvisionnement en vue d'élaborer un mécanisme de partage d'information technique entre les concepteurs et les fournisseurs de piles à combustible et le milieu de la recherche. Cet échange contribuera à stimuler l'innovation et les investissements dans la conception de composants; à obtenir l'aval de l'industrie sur les points de référence et les normes de performance appropriés; à mettre en évidence les lacunes de la chaîne d'approvisionnement; à élaborer des stratégies pour améliorer les capacités canadiennes; et à mettre au point des programmes pour réduire le coût des composants.

## Financement

- Créer des stimulants financiers pour les produits et services de l'industrie des piles à combustible dans le but de réduire le risque inhérent aux investissements nécessaires dans la capacité de fabrication.
- Trouver des partenaires et s'associer à eux pour les activités de développement, notamment pour explorer la possibilité de renforcer les grappes d'entreprises d'une région afin de stimuler leur développement; offrir des stimulants fiscaux pour encourager la R-D; et réserver des fonds de contrepartie pour les investissements.

## Créer des infrastructures de soutien

- Élaborer une stratégie en matière de main-d'œuvre, afin de disposer d'un bassin suffisant de main-d'œuvre qualifiée pour l'industrie des piles à combustible; élaborer des politiques et des critères relatifs aux besoins en formation; et entreprendre une analyse nationale des professions pour cerner les domaines où il y a risque de pénurie de compétences lorsque l'industrie se développera.
- Exiger que les projets de démonstration des piles à combustible et les achats initiaux effectués par le secteur public comprennent un volet consacré à la formation.
- Élaborer du matériel de formation à l'intention des étudiants de niveau postsecondaire, des enseignants, des établissements d'enseignement et des technocentres.
- Faire la démonstration de solutions en matière d'infrastructures de ravitaillement.
- Faire en sorte que le Canada joue un rôle de premier plan dans l'établissement de normes et de codes pour le combustible, les piles à combustible et les systèmes de ravitaillement.

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Stimuler la demande sur les marchés initiaux**  
**Sensibiliser davantage les marchés**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
Démonstration	Définition des propositions de valeur et confirmation de ces dernières auprès des premiers utilisateurs Recrutement de partenaires et de participants lors des démonstrations	Faire connaître l'industrie et la technologie canadiennes des piles à combustible à l'échelle nationale et internationale	Continuer à appuyer PCC dans son rôle d'organisme principal chargé de représenter et de promouvoir l'industrie canadienne des piles à combustible Élaborer une trousse d'information sur les piles à combustible à distribuer aux écoles et à d'autres parties intéressées Participer à des foires commerciales sur l'industrie et l'investissement et à des missions gouvernementales Promouvoir l'industrie canadienne des piles à combustible et ses produits par l'intermédiaire des ambassades et des bureaux commerciaux du Canada dans le monde entier, notamment distribuer une trousse d'information s'adressant aux investisseurs et aux utilisateurs étrangers Continuer de travailler à l'élaboration de plans pour le projet de démonstration de la « route de l'hydrogène Vancouver-Whistler »	PCC, avec la participation de ses membres  PCC, avec Industrie Canada  Chaque entreprise, avec PCC  Administrations fédérale et provinciales, avec PCC et ses membres  PCC, avec l'administration fédérale et celle de la Colombie-Britannique  PCC, avec la participation de ses membres	En cours  2003  En cours  À partir de 2003  En cours  2003

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Stimuler la demande sur le marché initial**  
**Sensibiliser davantage les marchés**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Démonstration		Créer un cadre et un guide communs pour les propositions de valeur, que l'industrie canadienne utilisera dans les marchés intérieur et étrangers, y compris un message uniforme sur les retombées quantifiables de la technologie des piles à combustible	Établir les paramètres et mener une étude en vue d'élaborer un cadre et un guide, avec la participation des utilisateurs	Industrie Canada, avec PCC et ses membres	2003
		S'associer à des partenaires gouvernementaux pour partager les coûts liés aux démonstrations et aux applications initiales	Distribuer à l'industrie un cadre de proposition de valeur et le faire adopter	Chaque entreprise	À partir de 2003
			Procéder à une analyse de rentabilité détaillée pour les projets de démonstration de l'industrie et du secteur public	Industrie Canada, avec PCC et ses membres	2003
			Élaborer des politiques et programmes gouvernementaux pour les projets de démonstration	Administration fédérale	2004
			Présenter des propositions pour différents projets de démonstration d'applications et de produits particuliers	Chaque entreprise	À partir de 2004
			Miser sur les relations établies entre RNCan et le Département de l'énergie des États-Unis pour avoir accès à leurs programmes	RNCan	
		S'associer à des fabricants ou à des utilisateurs finals pour partager les coûts liés aux démonstrations et aux applications initiales	Élaborer des propositions pour des projets de démonstration d'applications et de produits particuliers	Chaque entreprise	En cours
			Avoir recours au programme d'image de marque du Canada et à d'autres programmes d'aide gouvernementale pour nouer des relations avec des partenaires éventuels	Chaque entreprise, avec Partenaires pour l'investissement au Canada et d'autres organismes gouvernementaux	En cours

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Stimuler la demande sur les marchés initiaux**  
Sensibiliser davantage les marchés

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
		S'associer aux forces armées pour partager les coûts liés aux démonstrations de la technologie et des applications	Présenter des propositions directement aux ministères canadien, américain et autres de la défense pour des projets de démonstration d'applications et de produits particuliers	Chaque entreprise	En cours
			Explorer la possibilité de conclure des accords sur le partage du développement industriel pour la défense, en collaboration avec les ministères canadien et américain de la défense, par l'intermédiaire de Partenariat technologique Canada	Chaque entreprise, avec Partenariat technologique Canada	En cours
Marchés initiaux	Acceptation des propositions de valeur des premiers utilisateurs pour les applications initiales	Veiller à ce que les entreprises canadiennes aient largement recours au cadre de proposition de valeur pour faire le marketing des produits Faire en sorte que le secteur public figure parmi les premiers utilisateurs de la technologie des piles à combustible dans un éventail d'applications	Appliquer de façon uniforme le cadre de proposition de valeur à chaque produit et application sur le marché Procéder à une analyse de rentabilité pour le secteur public en tant que premier utilisateur de la technologie Élaborer des politiques et des programmes gouvernementaux pour l'achat de produits de l'industrie des piles à combustible	Chaque entreprise, avec PCC PCC, avec la participation de ses membres Administration fédérale	En cours 2004 2005
		Subventionner les produits pour les utilisateurs et les emplacements de prestige afin de favoriser une adoption rapide	Élaborer des propositions de vente pour des applications et des produits précis Cerner les marchés cibles d'utilisateurs et d'emplacements de prestige et s'efforcer de les conquérir Entreprendre une étude détaillée des marchés des premiers utilisateurs des piles à combustible	Chaque entreprise Chaque entreprise PCC et Industrie Canada, avec le comité fédéral de coordination sur les piles à combustible	À partir de 2005 En cours 2003

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Stimuler la demande sur les marchés initiaux**  
Sensibiliser davantage les marchés

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
		Créer des programmes de crédit-bail pour les premiers utilisateurs de la technologie afin d'aider à compenser les coûts d'achat initiaux élevés et de réduire le risque dans certaines applications	Élaborer des propositions de crédit-bail et faire affaire avec des sociétés spécialisées dans le domaine Élaborer des programmes de crédit-bail à l'intention des producteurs de piles à combustible Explorer la possibilité de faire participer le secteur public à des programmes de crédit-bail pour les piles à combustible (p. ex., gestion du risque et assurance pour les utilisateurs)	Chaque entreprise  Chaque entreprise  Industrie Canada, RNCan	À partir de 2004  À partir de 2004  2003
		Faciliter l'utilisation d'applications stationnaires comme sources d'électricité pour le réseau	Explorer la possibilité de créer des cadres législatifs pour ouvrir les marchés de l'électricité et permettre aux consommateurs d'énergie d'installer des piles à combustible et de les raccorder au réseau à titre de source d'approvisionnement indépendante Explorer la possibilité de régir les marchés de l'électricité en créant des règles qui favorisent les technologies énergétiques non polluantes	Chaque entreprise  Administrations publiques	À partir de 2004  À partir de 2006

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Stimuler la demande sur les marchés initiaux**  
**Mieux connaître les marchés**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Démonstration	Partenaires et participants aux démonstrations clairement identifiés	Bien comprendre les différents aspects des marchés initiaux pour chaque application des piles à combustible (p. ex., segments, besoins, taille, établissement des prix)	<p>Entreprendre différentes études de marché</p> <p>Recueillir et diffuser des renseignements sur le marché accessibles au public, notamment grâce à un site Web</p> <p>Déployer des groupes de travail sur la commercialisation des piles à combustible en tant que sous-groupes au sein de PCC pour poursuivre le processus de partage de l'information</p> <p>Entreprendre des études de marché en faisant appel aux programmes gouvernementaux, comme le Programme d'emploi en commerce international</p> <p>Obtenir des recherches de qualité menées par des tiers</p> <p>Préciser les exigences des utilisateurs éventuels afin que l'industrie s'en inspire pour se fixer des objectifs</p>	<p>Chaque entreprise</p> <p>PCC, avec la participation de ses membres</p> <p>PCC, avec la participation de ses membres et d'autres intervenants</p> <p>Chaque entreprise, avec les organismes gouvernementaux responsables du commerce international</p> <p>Chaque entreprise</p> <p>PCC, avec la participation de ses membres</p>	<p>En cours</p> <p>2003</p> <p>2002</p> <p>En cours</p> <p>En cours</p> <p>2003</p>
Marchés initiaux	Délimitation des marchés initiaux, élaboration des stratégies d'entrée sur le marché et recrutement des premiers clients	Bien comprendre les différents aspects des marchés intermédiaires pour chaque application des piles à combustible	Mêmes mesures que ci-dessus	Mêmes responsables que ci-dessus	2003

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Continuer d'améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts**  
**Continuer d'améliorer la qualité des produits**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
Démonstration	Mise à l'essai complète de toutes les pièces du système Respect des critères de performance minimaux Démonstration de la capacité à continuer d'améliorer la qualité	Accroître les capacités de l'industrie canadienne des piles à combustible en matière de mise à l'essai des produits	Harmoniser les procédures et les normes d'essai des composants Accroître le nombre de partenariats entre l'industrie et les établissements de recherche pour les mises à l'essai Confier davantage d'essais à des tiers indépendants Encourager les fabricants à effectuer plus d'essais Utiliser le Centre canadien des technologies résidentielles comme centre d'essai pour les produits pertinents	CNRC  CNRC  Chaque entreprise, avec des organismes d'essai indépendants Chaque entreprise  Chaque entreprise, avec la SCHL, RNCan et le CNRC	2004  2004  En cours  En cours  En cours
		Élaborer des points de référence et des normes (p. ex., les spécifications des produits pour les technologies canadiennes et étrangères) et créer une base de données commune pour l'industrie canadienne des piles à combustible et ses fournisseurs	Établir les paramètres et mener une étude cadre sur les données Obtenir l'aval de l'industrie sur les normes de performance et les points de référence appropriés Créer une base de données grâce aux essais et aux projets de démonstration Élaborer des mécanismes pour le partage de l'information technique entre les entreprises canadiennes et le milieu universitaire Créer une tribune pour les fournisseurs	CNRC, avec PCC et ses membres CNRC, avec PCC et ses membres CNRC PCC, avec la participation de ses membres et d'autres intervenants PCC et ses membres	2003  2003  2004  2003
Marchés initiaux	Améliorations au chapitre de la qualité par rapport aux technologies en place Technologie se rapprochant des technologies en place selon certains critères Homologation des produits	Progresser dans la normalisation des principaux composants des systèmes de piles à combustible	Mener une étude sur l'harmonisation de la chaîne d'approvisionnement pour l'industrie canadienne des piles à combustible Déceler les lacunes de la chaîne d'approvisionnement nationale et élaborer des stratégies pour améliorer les capacités canadiennes	RNCan, avec PCC et ses membres  Administration fédérale, avec PCC et ses membres	2005  2005

**Continuer d'améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts**  
**Continuer de réduire le coût des produits**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Démonstration	Capacité manifeste à continuer de réduire les coûts	Déterminer les coûts du cycle de vie du produit pour chaque segment - assemblage membrane-électrodes (stack), composants connexes (BOP) et systèmes de stockage du combustible	<p>Entreprendre des études sur les coûts du cycle de vie pour les produits et applications clés et en faire connaître les résultats</p> <p>Déterminer les composants clés où il faut réduire les coûts des produits pour parvenir aux coûts que le marché peut assumer</p> <p>Accroître la recherche sur les coûts et la normalisation des composants</p>	<p>Chaque entreprise, avec le CNRC</p> <p>Chaque entreprise, avec le CNRC</p> <p>Chaque entreprise, avec le CNRC</p>	<p>En cours</p> <p>En cours</p> <p>En cours</p>
		Canaliser la recherche vers des méthodes et des technologies permettant une réduction soutenue des coûts	Examiner l'Initiative canadienne de recherche sur les matériaux légers (ICRMLe) et des programmes similaires (p. ex., le RCE AUTO21) pour déterminer s'ils peuvent s'appliquer aux piles à combustible	CNRC	2003
		Réduire l'utilisation de matériaux exotiques	<p>Approfondir la recherche sur les matériaux pour les piles à combustible</p> <p>Mener des recherches sur les chaînes d'approvisionnement</p> <p>Tenir compte des coûts dans les études sur les marchés initiaux</p>	<p>CNRC</p> <p>Chaque entreprise</p> <p>Chaque entreprise</p>	<p>En cours</p> <p>En cours</p> <p>En cours</p>
		Déterminer les coûts que le marché peut assumer pour chaque application	<p>Entreprendre des projets de démonstration pour montrer les coûts dans un contexte d'exploitation</p> <p>Procéder à une analyse comparative sur les utilisateurs et les technologies de remplacement</p>	Chaque entreprise  CNRC	<p>En cours</p> <p>2003</p>

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Continuer d'améliorer la qualité des produits tout en réduisant les coûts**  
**Continuer de réduire le coût des produits**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Marchés initiaux	Coûts se rapprochant davantage de ceux des technologies en place selon certains critères Coûts acceptables pour les utilisateurs des divers créneaux Création de la chaîne d'approvisionnement	Accroître le volume de production	Dresser des plans de production pour favoriser une transition harmonieuse entre l'étape de la démonstration et celle des marchés initiaux Examiner comment les autres industries technologiques sont passées à l'étape de la production et établir un modèle pour l'industrie des piles à combustible	Chaque entreprise  Industrie Canada	En cours  2004
		Investir davantage dans le développement de composants	Élaborer des programmes de réduction des coûts des composants d'après les coûts des produits que le marché peut assumer Créer des chaînes d'approvisionnement	Chaque entreprise  Chaque entreprise	En cours  En cours

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Financement**

**Avoir accès au capital**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
Démonstration	Recrutement de partenaires ou de clients pour partager les coûts dans le cadre de projets de démonstration et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits	Déterminer les sources de financement éventuelles	Préparer à l'intention des entreprises canadiennes de l'industrie des piles à combustible un guide détaillé sur les sources de financement des secteurs privé et public Mettre l'information recueillie sur l'industrie à la disposition des banques, des sociétés d'investissement en capital de risque et des autres bailleurs de fonds désireux d'en apprendre davantage sur les piles à combustible Déterminer le rôle du secteur public dans la mobilisation des gros investisseurs et des partenaires et l'établissement de relations	PCC, avec la participation de ses membres  PCC, avec la participation de ses membres  Industrie Canada	2003  En cours  2003
Marchés initiaux	Obtention du financement pour entreprendre la production en petites quantités ainsi que les programmes de vente et de marketing initiaux et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits	Recenser pour les projets de démonstration les partenaires disposés à assumer une partie des coûts	Faire participer les partenaires aux études de marché et à l'élaboration des stratégies Procéder à une analyse de rentabilité, portant entre autres sur les retombées éventuelles découlant de l'adoption rapide de la technologie	Chaque entreprise	En cours
		Recenser les partenaires pour le développement (participation et alliances stratégiques), y compris les fabricants et les utilisateurs finals	Faire participer les partenaires aux études de marché et à l'élaboration des stratégies Procéder à une analyse de rentabilité, portant entre autres sur les revenus provenant des marchés initiaux	Chaque entreprise	En cours
		Prévoir un ensemble complet de stimulants financiers pour l'industrie canadienne des piles à combustible et les utilisateurs	Procéder à une analyse de rentabilité fondée sur les retombées pour le Canada et les besoins de l'industrie et la présenter au gouvernement Instaurer des politiques et des programmes gouvernementaux pour offrir des stimulants financiers à l'industrie des piles à combustible	PCC, avec la participation de ses membres  Industrie Canada	2004  2004

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Créer des infrastructures de soutien  
Bénéficiaire d'une main-d'œuvre qualifiée**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Démonstration	Création d'un bassin suffisant de travailleurs qualifiés dans les domaines techniques pour appuyer les projets de démonstration et poursuivre la recherche appliquée ainsi que le développement de produits	<p>Entreprendre des programmes de formation à l'interne pour répondre aux besoins immédiats</p> <p>Élaborer un plan national pour répondre à la demande à long terme de compétences dans l'industrie canadienne des piles à combustible</p> <p>Veiller à ce que les projets de démonstration des piles à combustible ou les achats initiaux effectués par le secteur public comportent un volet consacré à la formation</p>	<p>Maintenir les programmes en place et en créer de nouveaux en fonction des besoins projetés à court terme</p> <p>Entreprendre une analyse nationale des professions</p> <p>Déterminer les compétences requises à chaque étape de la chaîne d'approvisionnement</p> <p>Élaborer des politiques et des critères pour les besoins en formation</p> <p>Dresser des plans pour que les ventes au secteur public à l'étape de la démonstration et des marchés initiaux comportent un volet consacré à la formation</p>	<p>Chaque entreprise</p> <p>DRHC, avec PCC et la participation de ses membres</p> <p>DRHC, avec PCC et la participation de ses membres</p> <p>Industrie Canada, RNCan, TPSGC</p> <p>Chaque entreprise</p>	<p>En cours</p> <p>2003</p> <p>2003</p> <p>2003</p> <p>À partir de 2003</p>

TABEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Créer des infrastructures de soutien  
Bénéficiaire d'une main-d'œuvre qualifiée**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Marchés initiaux	Création d'un bassin de travailleurs qualifiés pour assurer la commercialisation, la production et les services ainsi que les activités de soutien	Recruter à l'étranger un personnel cadre compétent en commercialisation de la technologie	Élaborer des stratégies ingénieuses pour inciter les spécialistes de l'extérieur à travailler au sein de l'industrie canadienne des piles à combustible Créer un programme en vue de trouver les compétences requises d'après les besoins cernés par l'industrie	PCC et ses membres, avec DRHC	2004
		Accroître les compétences du personnel cadre actuel en commercialisation	Offrir au personnel cadre actuel un programme de perfectionnement en gestion et d'autres cours permettant d'acquérir des compétences en affaires	Chaque entreprise	En cours
		Créer un programme national de diffusion de l'information sur les possibilités de carrière dans l'industrie des piles à combustible	Préparer de la documentation à l'intention des étudiants et des enseignants de niveau postsecondaire et mettre sur pied une campagne de promotion permanente Préparer de la documentation destinée aux établissements d'enseignement postsecondaire et aux instituts de technologie les plus susceptibles d'appuyer la création de cours et éventuellement de programmes sur les piles à combustible	PCC et ses membres, avec DRHC	À partir de 2005
		Produire un certificat accepté à l'échelle nationale pour les gens de métier de l'industrie des piles à combustible	Créer un plan quant à la structure à donner au programme d'accréditation et élaborer les normes appropriées	PCC et ses membres, avec DRHC, avec PCC et la participation de ses membres	2005

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Créer des infrastructures de soutien  
Bénéficiaire d'une main-d'œuvre qualifiée**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Marchés initiaux	Création d'un bassin de travailleurs qualifiés pour assurer la commercialisation, la production et les services ainsi que les activités de soutien	Encourager en matière d'ingénierie une approche multidisciplinaire mettant l'accent sur les piles à combustible	Désigner les porte-parole de l'industrie et du milieu universitaire pour promouvoir le concept Déterminer les disciplines et la base de connaissances requises	PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie	2005 2005
		Encourager la formation sur les piles à combustible dans le cadre de projets	Élaborer un programme pour les concours sur les produits de l'industrie des piles à combustible et s'associer à des parrains industriels Faciliter les liens entre les porte-parole de l'industrie et du milieu universitaire	PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie	2004 À partir de 2003
		Encourager l'élaboration de cours et éventuellement de programmes sur les piles à combustible dans certaines universités et écoles techniques	Mener une étude sur les besoins de l'industrie ainsi que les cours et programmes requis pour y répondre et sur la formation actuellement offerte et combler les lacunes Mettre en évidence les établissements les plus aptes à élaborer des cours et des programmes Intégrer l'enseignement sur les piles à combustible aux cours actuels, en faisant appel entre autres à des chargés de cours ou à des conférenciers de l'industrie	PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie	2004 2004 À partir de 2004
		Étendre les programmes d'alternance travail-études et de stage au sein d'entreprises de l'industrie des piles à combustible Faire du Canada un centre international d'éducation sur les piles à combustible	Maintenir les programmes en place et en créer de nouveaux en fonction des besoins projetés à long terme Mener une étude sur les débouchés internationaux actuels et potentiels en matière de formation et d'éducation dans le domaine des piles à combustible Élaborer des cours et des programmes en fonction des besoins et des marchés à l'échelle internationale	Chaque entreprise PCC et ses membres, avec les établissements d'enseignement supérieur et les instituts de technologie Établissements d'enseignement supérieur et instituts de technologie	En cours 2004 À partir de 2005

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Créer des infrastructures de soutien  
Aménager une infrastructure de ravitaillement**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
Démonstration	Recensement des solutions et confirmation de ces dernières auprès des premiers utilisateurs	Créer un plan d'aménagement de l'infrastructure pour l'introduction des piles à combustible sur le marché canadien	Élaborer les paramètres pour planifier et entreprendre une étude Élaborer des politiques et des programmes gouvernementaux appropriés à l'appui du plan	RNCan  RNCan	2003  2004
		Résoudre les problèmes de stockage et de distribution des piles à combustible pour les véhicules à piles à combustible	Explorer les différentes options en matière de stockage Poursuivre les projets de stockage d'une capacité de 10 000 lb/po <sup>2</sup> Mettre à l'essai plusieurs options en matière d'approvisionnement en hydrogène	Chaque entreprise  CNRC  Chaque entreprise	En cours  En cours  En cours
Marchés initiaux	Infrastructure en place pour les applications initiales	Entreprendre des projets de démonstration de prestige comportant un volet consacré à l'infrastructure Offrir aux utilisateurs d'hydrogène des dégrèvements fiscaux Offrir des stimulants aux producteurs d'hydrogène Créer un réseau de laboratoires d'hydrogène à proximité des principales grappes d'entreprises de l'industrie des piles à combustible au Canada Faire largement connaître les jalons de l'aménagement de l'infrastructure dans les marchés au fur et à mesure qu'on les franchit	Continuer de travailler aux plans du projet de démonstration de la « route de l'hydrogène Vancouver-Whistler » Procéder à une analyse de rentabilité et la présenter au gouvernement Procéder à une analyse de rentabilité et la présenter au gouvernement Examiner la possibilité de réaliser le concept, en incluant les partenaires et les options en matière de financement Élaborer un programme et des stratégies de mise en œuvre Communiquer de l'information et les résultats de la recherche aux fabricants et à d'autres utilisateurs clés de la technologie Élaborer un programme de diffusion de l'information concernant les jalons de l'aménagement de l'infrastructure	RNCan  PCC et ses membres PCC et ses membres CNRC, RNCan CNRC, avec ses partenaires désignés Chaque entreprise  PCC, avec la participation de ses membres	En cours  2004 2004 2003 2004  En cours  À partir de 2003

TABLEAU 5 — STRATÉGIES DE COMMERCIALISATION DES PILES À COMBUSTIBLE POUR LA DÉMONSTRATION ET LES MARCHÉS INITIAUX

**Créer des infrastructures de soutien  
Établir des normes et des codes**

ÉTAPE	JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODEVISÉE
Démonstration	Détermination des normes et des codes appropriés et désignation des organismes compétents qui les établiront	Assurer la coordination avec les États-Unis et d'autres pays pour établir et harmoniser les normes et les codes	Examiner les travaux accomplis jusqu'à présent, y compris les intervenants qui y ont participé et ce qui a été fait, et prévoir les mesures à venir  Explorer les possibilités de coordination avec USFCC, NHA, EHIP et d'autres organismes quant aux relations avec les organismes de réglementation américains et canadiens	RNCan  PCC et ses membres	2003  2003
		Faire le lien entre les projets de démonstration et l'établissement des normes et des codes	Veiller à ce que les propositions de démonstration tiennent compte des normes et des codes  Établir un cadre standard pour les projets de démonstration sur la façon d'aborder les normes et les codes	Chaque entreprise, avec les partenaires des projets de démonstration  RNCan	En cours  2003
		Travailler avec d'autres intervenants qui mettent sur pied un centre d'information sur les normes et les codes	Participer à la mise sur pied d'un centre d'information et veiller à ce que les entreprises canadiennes y contribuent et en tirent parti  Créer un mécanisme pour que PCC demeure au fait des travaux entrepris par les entreprises et organismes canadiens sur les normes et les codes régissant les piles à combustible	PCC et ses membres  PCC et ses membres	À partir de 2003  2003
Marchés initiaux	Adoption de normes et de codes appropriés concernant la technologie	Renseigner les organismes de réglementation canadiens à tous les paliers au pays sur les normes et les codes adoptés	Créer un programme pour diffuser l'information sur les normes et les codes régissant les piles à combustible  Faire connaître les projets de démonstration de prestige et les premiers utilisateurs de la technologie pour illustrer l'application des normes et des codes	PCC et ses membres  PCC et ses membres	2004  À partir de 2004

TABLEAU 5A : NÉCESSITÉ D'UNE POLITIQUE PUBLIQUE ET D'UNE STRATÉGIE NATIONALE SUR LES PILES À COMBUSTIBLE

JALONS	STRATÉGIES	MESURES	RESPONSABLES	PÉRIODE VISÉE
Désignation des porte-parole de l'industrie des piles à combustible au sein des administrations fédérale et provinciales	Faire valoir les arguments en faveur d'une stratégie nationale et de l'aide gouvernementale	Créer un programme pour cibler les administrations provinciales, première étape en vue de l'élaboration d'une stratégie nationale	PCC, avec la participation de ses membres	2003
		Présenter les produits exploitables dans des endroits de prestige	PCC, avec la participation de ses membres	En cours
		Poursuivre les campagnes de publicité visant à sensibiliser les principaux décideurs	PCC, avec la participation de ses membres	En cours
		Utiliser le matériel élaboré par PCC à l'intention de l'industrie pour communiquer des messages clés uniformes	PCC, avec la participation de ses membres	En cours
		Entreprenre une vaste étude des mesures prises par les autres pays	PCC et ses membres, avec Industrie Canada	2003
		Élaborer un programme de sensibilisation du public	PCC et ses membres, avec le secteur public	2003
	Choisir et désigner des porte-parole stratégiques au sein du secteur public, de l'industrie, du milieu universitaire et des marchés (premiers utilisateurs à adopter la technologie)	Élaborer un programme sur la façon dont se fera le ciblage et le recrutement coordonné des porte-parole	PCC et ses membres	2003
		Préparer du matériel et mener des recherches pour continuer d'informer les porte-parole actuels et éventuels.	PCC et ses membres	À partir de 2003
	Encourager la coordination entre les institutions fédérales, provinciales et municipales, les établissements d'enseignement et de recherche ainsi que l'industrie afin de progresser ensemble dans la même direction en poursuivant une vision et un objectif communs.	Dresser des plans de coordination	Organismes fédéraux	2003

# Conclusion

La présente Carte routière vise à aider les intervenants en leur proposant les meilleures avenues pour relever les grands défis inhérents à la commercialisation des piles à combustible au Canada. Elle souligne le rôle primordial que doivent jouer le secteur public, l'industrie et le milieu universitaire pour que le Canada demeure un chef de file en commercialisation de la technologie des piles à combustible malgré la concurrence internationale de plus en plus vive.

La Carte routière indique clairement qu'il faut passer à l'action sans tarder — la concurrence s'intensifie et seuls les entreprises et les pays dotés d'un plan de commercialisation clair en sortiront gagnants.

## Mesures à prendre immédiatement

Les deux ou trois prochaines années seront particulièrement déterminantes pour l'industrie canadienne des piles à combustible. Afin d'être en mesure de mettre sur le marché des produits commerciaux, il lui faut améliorer la qualité, réduire les coûts et accroître les activités de démonstration. À cette fin, le secteur public et l'industrie doivent concerter leurs efforts pour appuyer les projets de démonstration, offrir des possibilités aux premiers acheteurs et assurer le leadership — non seulement en ce qui a trait à la technologie des piles à combustible, mais aussi dans le cadre des programmes canadiens de lutte contre le changement climatique, de santé, de développement durable et d'innovation.

## Prochaines étapes

La présente Carte routière n'est qu'un point de départ. Différentes autres mesures s'imposent, par exemple :

- élaborer une stratégie nationale sur les piles à combustible au cours de l'année qui vient;
- établir un plan de mise en œuvre, notamment estimer les coûts inhérents à la réalisation des mesures recommandées, dont la mise en œuvre dans les meilleurs délais possible repose sur la collaboration du secteur public, de l'industrie et du milieu universitaire;
- intégrer les groupes de travail de la Carte routière en tant que comités de Piles à combustible Canada;
- mettre en œuvre la stratégie de communication de Piles à combustible Canada.

Il faudra par ailleurs revoir et mettre à jour régulièrement la présente Carte routière. Pour tenir compte de l'évolution de la situation, les principaux intervenants doivent convenir d'un intervalle approprié pour ces examens. On devra également élaborer un plan de surveillance du rendement pour suivre de près les progrès accomplis afin d'obtenir les résultats escomptés en matière de commercialisation.



Réservoirs de stockage de méthanol de Methanex

# Annexes



## Annexe I

# Membres du comité directeur et des groupes de travail

**Alberta Research Council**  
Shawn Gervais\*

**Angstrom Power**  
Ged McLean  
Bruce Rea

**Association des fabricants de pièces  
d'automobile du Canada**  
Patrick Curran  
Gerry Fedchun

**AUTO 21, Université de Windsor**  
Peter Frise

**Ballard Power Systems**  
Stephen Kukucha\*  
Heather McKay  
Bruce Rothwell  
Debby Harris

**BC Hydro**  
Allan Grant

**Cellex Power Products**  
Subhash Aggarwal  
David Pfeil

**Centre for Automotive Materials  
and Manufacturing**  
Floyd Tuler

**Chrysalix Energy Management**  
Christine Bergeron

**CNRC MDN**  
Ed Andrukaitis

**Développement des ressources  
humaines Canada**  
Richard DeBeck

**Diversification de l'économie  
de l'Ouest Canada**  
Ardath Paxton Mann  
Franco Zanatta

**DuPont Canada R. & B. D. Centre**  
Peter Andrin

**Dynetek Industries**  
Robb Thompson

**Enbridge Gas Distribution**  
Walter Matias\*  
Terry Whitehead

**Energy Visions**  
Wayne Hartford

**Environnement Canada**  
Steve McCauley  
Lynne Patenaude

**Fuel Cell Technologies**  
Barbara Haines

**General Hydrogen**  
Darren Sokoloski

**Global Public Affairs**  
Alan Cocksedge

**Greenlight Power Technologies**  
Dave Chapman

**Hydrogenics**  
Jane Dalziel\*  
Jason Goodhand  
Kevin Harris  
Pierre Rivard

**IESVic, Université de Victoria**  
Taco Niet

**Industrie Canada**  
Bruce Bowie\*  
Annie Desgagné\*  
Patrick Roy

**Institut canadien du chauffage, de la  
climatisation et de la réfrigération**  
Martin Luymes

**Institut de la pile à combustible du CNRC**  
Rod McMillan  
Maja Veljkovic\*

**Kinectrics**  
Diane Cote  
Ivor Da Cunha  
Young Ngo  
Robert Stasko  
Ralph Watts\*

**Korn/Ferry International**  
Kevin McBurney

**Methanex Corporation**  
Ron Britton (now FCC)\*  
Paul Daoust  
Dominique Kluyskens  
Kevin Maloney

**Ministère de la Concurrence, des Sciences  
et de l'Entreprise de la C.?.B.**  
Stephen Brydon

**NORAM Engineering & Constructors**  
Malcolm Cameron  
George Cook\*

**Ministère de l'Entreprise, des Débouchés  
et de l'Innovation de l'Ontario**  
George Mandrapilias  
Robert Tmej

**Palcan Fuel Cells**  
Jim McBeth  
John Shen

**Partenariat technologique Canada**  
Dennis Rue

**Piles à combustible Canada**  
Chris Curtis\*  
Annie-Sylvie Desaulniers  
Dave Shepherd

**Powertech Labs**  
Yoga Yogendran

**PricewaterhouseCoopers**  
Simon Berry  
Alastair Nimmons  
Eric Vance  
John Webster

**Ressources naturelles Canada (RNCan),  
Centre de la technologie de l'énergie  
de CANMET, RNCan**  
Nick Beck  
Debra Haltrecht  
Rodney Semotiuk  
Rob Brandon

**SatCon Power Systems Canada**  
Vince Scaini

**SMC Pneumatics (Canada)**  
Ryan Benn  
Brian Davis

**Sofinov Société Financière d'Innovation**  
Luc Charron

**Stuart Energy Systems Corporation**  
Matthew Fairlie

**TeleflexGFI Control Systems**  
Lindsay Worden

**Transports Canada, Recherche et  
développement**  
Michael Ball

**University College of the Fraser Valley**  
Duncan Jeffries

**Xantrex Technology**  
Konrad Mauch  
Mossadiq Umedaly

\* Également membre du Comité directeur



## Annexe II

# Réunions du comité directeur et des groupes de travail — 2002





## Annexe III

# Fonctionnement d'une pile à combustible et types de piles à combustible

Les paragraphes ci-après expliquent de façon simplifiée le fonctionnement d'une pile à combustible et présentent les principaux types de piles à combustible.

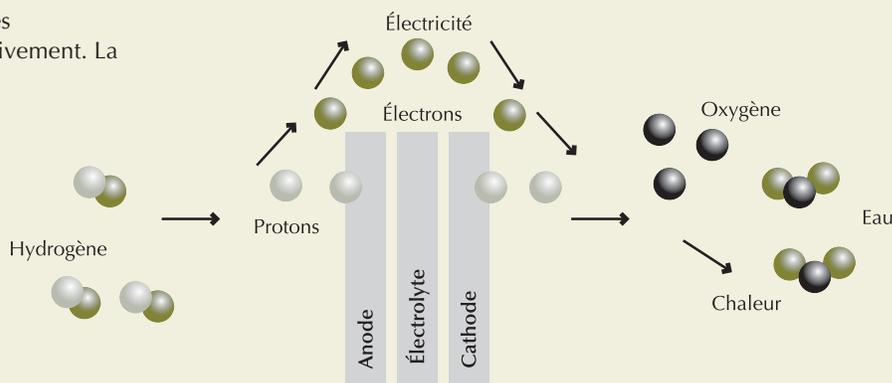
## Fonctionnement d'une pile à combustible

La pile à combustible convertit l'énergie chimique en énergie électrique. Dans ce dispositif, l'hydrogène (qui peut provenir de différents combustibles à base de carbone, dont le méthanol, le gaz naturel et le pétrole, ou de sources d'énergie renouvelable) est combiné avec l'oxygène (puisé dans l'air) pour produire de l'électricité, de l'eau et de la chaleur au moyen d'une réaction électrochimique.

Le cœur de la pile à combustible se compose de trois éléments de base : une anode, une cathode et un électrolyte. Le courant électrique circule de la cathode à l'anode. Les matériaux entrant dans la fabrication de la pile déterminent le mode de production d'électricité.

## Piles

Dans la pile à membrane échangeuse de protons (PEMFC) type, les protons d'hydrogène circulent de l'anode à la cathode à travers l'électrolyte. Un catalyseur à base de platine, qui recouvre l'anode, aide à fractionner les molécules d'hydrogène en protons chargés positivement et en électrons chargés négativement. La membrane électrolyte permet le passage des protons jusqu'à la cathode. Comme les électrons ne peuvent traverser cette membrane, ils circulent (sous la forme d'un courant électrique) par un circuit externe pour atteindre la cathode et produisent ainsi de l'électricité. La cathode est alimentée en oxygène, qui se combine ensuite avec les protons pour former de l'eau.



Pile à membrane échangeuse de protons (PEMFC)

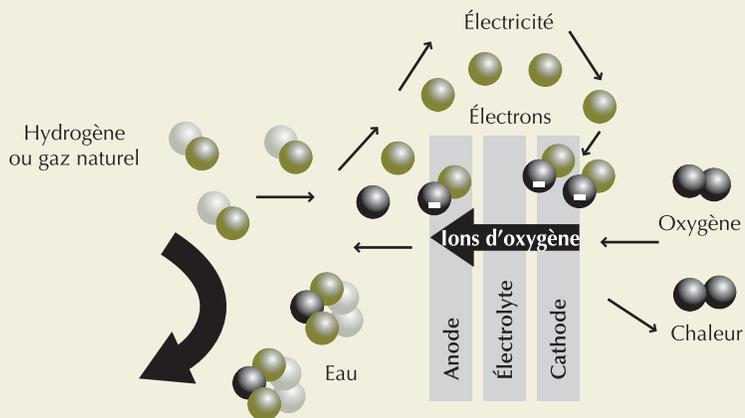
La pile à oxyde solide (SOFC) est appelée ainsi en raison de la composition de la céramique mince qui forme l'électrolyte. Les ions d'oxygène circulent à travers l'électrolyte de la cathode à l'anode, où ils se combinent avec les protons disponibles. En règle générale, la SOFC utilise comme catalyseur une pérovskite ou un composé à base de nickel.

## Assemblage

Le plus souvent, plusieurs piles à combustible sont regroupées pour former un assemblage membrane-électrodes (communément appelé « stack »). Le nombre d'éléments composant l'assemblage détermine la tension totale. La surface de chaque pile détermine le courant électrique total. En multipliant la tension par le courant, on obtient l'énergie électrique totale produite, généralement mesurée en kilowatts (kW).

## Composants connexes (BOP)

Pour produire de l'énergie électrique utilisable, il ne suffit pas d'avoir un assemblage. Le système de pile à combustible comprend également de nombreux composants pour exécuter les fonctions telles que l'injection des gaz combustibles, la gestion de l'approvisionnement en eau, le conditionnement de la puissance utile ainsi que la surveillance et le contrôle de tous les paramètres de système requis (p. ex., la température et la pression). Sans le fonctionnement de ces dispositifs de soutien, l'assemblage ne peut produire de puissance utilisable.



## Types de piles à combustible

Les différents types de piles à combustible sont les suivants :

**Pile à membrane échangeuse de protons (PEMFC)** — La pile à membrane échangeuse de protons fonctionne à une température relativement basse, si bien qu'elle se réchauffe rapidement et n'exige aucune structure de confinement coûteuse. Le platine est généralement utilisé comme catalyseur dans ce type de pile. Grâce aux améliorations constantes apportées aux techniques et aux matériaux utilisés, la densité de puissance a atteint un niveau tel qu'une PEMFC de la taille d'une petite valise peut alimenter une voiture. Le caractère cyclique ajoute aux avantages de ce type de pile. Il s'agit de la technologie qui se prête le mieux aux applications dans les transports.

**Pile à méthanol direct (DMFC)** — La pile à méthanol direct est une petite PEMFC utilisant du méthanol non reformé comme source d'hydrogène. Les entreprises qui développent la DMFC travaillent actuellement à résoudre les problèmes associés au passage du méthanol à travers l'électrolyte, car le méthanol inaltéré réduit la performance de la pile à combustible. Ce type de pile se prête à différentes utilisations, par exemple, les applications portables et les micro-applications comme les tondeuses à gazon, les ordinateurs portatifs et les téléphones mobiles.

**Pile à oxyde solide (SOFC)** — La pile à oxyde solide peut être utilisée dans les systèmes d'alimentation stationnaires de grande (250 kW) et de faible puissance (de 1 à 50 kW). Comme ce type de pile fonctionne à une température très élevée (de 650 à 1 000°C), tous les systèmes SOFC produisent à la fois de l'électricité et de l'énergie thermique. Grâce à la capacité de cogénération, ces systèmes présentent un avantage, car ils optimisent l'efficacité globale. La chaleur produite par la SOFC dans le cadre de la

Pile à oxyde solide (SOFC)

réaction électrochimique peut être mise à profit — dans le cas des applications des services publics, afin de produire de la vapeur pour faire tourner les turbines et produire ainsi davantage d'électricité et, dans toutes les applications SOFC, afin de produire de la chaleur pour chauffer des locaux ou l'eau et, par la suite, pour faire fonctionner des systèmes de refroidissement par échange thermique. Peu importe la façon dont on utilise la chaleur, la capacité de cogénération permet de bénéficier d'un système très efficace. Grâce aux caractéristiques de la SOFC, il n'est pas nécessaire d'avoir recours à des reformeurs de combustible, à des équipements de gestion de l'approvisionnement en eau ni à des catalyseurs en métal précieux.

**Pile alcaline (AFC)** — Le programme spatial américain utilise la pile alcaline depuis les années 60. Ce type de pile très vulnérable à la contamination exige de l'hydrogène et de l'oxygène purs. Par ailleurs, une commercialisation à grande échelle semble peu probable dans le cas de la pile alcaline, car cette dernière entraîne des coûts élevés.

**Pile à acide phosphorique (PAFC)** — La pile à acide phosphorique peut servir dans les petits systèmes stationnaires de production d'électricité. Comme sa température de fonctionnement est supérieure à celle de la PEMFC, le temps de chauffage est plus long. Cette pile ne peut donc pas être utilisée dans les automobiles.

**Pile à carbonates fondus (MCFC)** — La pile à carbonates fondus convient mieux aux génératrices stationnaires de grande puissance. Ce type de pile, dont la température de fonctionnement est élevée, permet de générer de la vapeur pour produire davantage d'énergie. Sa température de fonctionnement est inférieure à celle de la SOFC. Il s'agit donc d'une conception moins coûteuse, car les matériaux utilisés n'ont pas à résister à des températures extrêmement élevées.

## Annexe IV

# Profil des entreprises de l'industrie canadienne des piles à combustible

## Entreprises de production de piles à combustible et d'intégration de systèmes

**Aluminum-Power** a mis au point une pile à combustible aluminium-air qui pourrait bien révolutionner les industries du matériel électronique mobile et de l'automobile. Cette percée technologique permet de disposer d'une grande puissance sur une base soutenue pendant de longues périodes.

**Angstrom Power Inc.** se spécialise dans le développement de piles à combustible micro-structurées se prêtant à un éventail d'applications. Mise sur pied dans le but de commercialiser la technologie mise au point à l'Université de Victoria par Gerard McLean, cette société de Vancouver fait appel aux techniques de micro-fabrication pour créer un système de pile à combustible reposant sur une architecture et des techniques de fabrication inédites. Parmi les applications cibles initiales, mentionnons le remplacement des piles courantes et les systèmes d'alimentation portables.

**Astris Energi Inc.**, qui développe des systèmes d'alimentation mobiles et stationnaires, a mis au point des systèmes portables de 1,5 kW, des systèmes de 2 à 3 kW permettant d'alimenter toute une gamme de petits véhicules et un système de 4 kW qui pourrait alimenter des résidences en électricité en plus d'assurer le chauffage des locaux et de l'eau. Ce sont tous des systèmes AFC.

**Ballard Power Systems Inc.** est un chef de file reconnu dans le monde entier pour le développement, la fabrication et le marketing de PEMFC ne produisant aucune émission atmosphérique. Ballard commercialise des moteurs à piles à combustible et des composants connexes pour le marché des transports, des entraînements électriques pour les véhicules à piles à combustible et les véhicules électriques à batterie, de convertisseurs de puissance pour les microturbines et d'autres technologies de production décentralisée, du matériel à pile à combustible servant à produire de l'électricité pour différents marchés - appareils portatifs ou gros équipements stationnaires. Il s'agit d'un des principaux fournisseurs de matériaux de friction pour les composants de groupes motopropulseurs.

**Cellex Power Products Inc.** est un chef de file du développement d'appareils de production d'énergie à piles à combustible destinés à des applications haut de gamme. En plus de mettre au point une technologie exclusive de systèmes et de pièces, Cellex intègre, dans des produits commerciaux, des assemblages membrane-électrodes (communément appelés « stack », ci-après assemblages) des dispositifs de transformation du combustible et d'autres composants provenant de tiers. En particulier, cette société travaille au développement de produits destinés à alimenter des véhicules industriels. Fondée en 1997, l'entreprise est établie à Vancouver, en Colombie-Britannique.

**DuPont Canada**, très active dans la recherche sur la technologie PEMFC depuis le milieu des années 90, possède un savoir-faire unique dans le domaine des matériaux et de la technologie des piles à combustible pour améliorer de l'intérieur les assemblages. En 2001, DuPont a créé une division des piles à combustible pour tirer parti des possibilités de croissance des PEMFC. Dans le cadre de ses activités mondiales dans l'industrie des piles à combustible, DuPont Canada est chargée du développement, de la production et du marketing de plaques conductrices à champs de propagation pour les piles à combustible ainsi que de la valorisation de cette technologie. L'entreprise a mis sur pied des installations pour le développement expérimental et la mise à l'essai des piles à combustible à son unité de recherche et d'expansion commerciale, située à Kingston, en Ontario.

**Energy Visions Inc.** concentre ses activités sur les applications portables d'accumulateurs ou de piles à combustible. Cette société fondée en 1996 s'est fixé pour objectif de développer des matériaux et une technologie de fabrication rentables. En collaboration avec l'Alberta Research Council, elle travaille actuellement à la construction de prototypes commerciaux de 250 W et de 2,5 kW de ses DMFC. Elle est d'avis que ses DMFC offrent des avantages concurrentiels appréciables pour les applications portables et stationnaires.

**Fuel Cell Technologies Ltd.** se spécialise depuis 1994 dans la R-D sur les systèmes de piles à combustible. La principale activité de l'entreprise consiste à produire des systèmes d'alimentation SOFC modulaires d'une puissance de 1 à 50 kW, destinées à produire de l'électricité et de la chaleur

pour des applications stationnaires, par exemple, des habitations, des sites éloignés ainsi que des petites entreprises commerciales et industrielles. Ce système d'alimentation fait appel à la technologie d'assemblage de pile tubulaire à combustible de Siemens Westinghouse Power Corporation, qui a été démontrée avec succès dans des systèmes à grande échelle ces dernières années. Le système de 5 kW devrait faire l'objet de démonstrations sur le terrain au début de 2003. Les installations de recherche et de production de FCT se trouvent à Kingston, en Ontario.

**Global Thermoelectric Inc.** participe au développement de la technologie SOFC. Son objectif consiste à devenir le principal fournisseur de produits SOFC évolutifs. Elle met l'accent sur la cogénération résidentielle, l'automobile et les applications commerciales à petite échelle. En juillet 2000, la société a annoncé sa première alliance stratégique de grande envergure, en s'associant à Enbridge Gas Distribution pour conquérir le marché canadien. Enbridge, distributeur de gaz le plus important du Canada, est déterminée à mettre rapidement sur le marché la technologie des piles à combustible.

**GreenVOLT** a mis au point un produit à piles à combustible eau salée-air-magnésium, la SAM-Cellz PM-120, en réponse à la demande accrue de blocs d'alimentation électrique CC 12 volts portables, légers, simples, autonomes, de longue durée et bon marché. La société Rama Wheel d'Orillia, en Ontario, qui a fait l'acquisition de tous les actifs de GreenVOLT à l'automne 2002, forme actuellement d'importantes alliances commerciales pour faciliter le lancement des produits à piles à combustible GreenVOLT.

**Hydrogenics Corporation** se consacre à la conception et au développement de systèmes commerciaux PEMFC pour les transports et les applications stationnaires et portables. Grâce à sa première gamme de systèmes pleinement intégrés de mise à l'essai de piles à combustible, la société est devenue un chef de file de la technologie des composants connexes (BOP) et des systèmes d'exploitation de piles à combustible. D'une superficie de 95 000 pi<sup>2</sup>, le siège social et les installations de R-D de Hydrogenics sont situées à Mississauga, en Ontario. L'entreprise est également implantée dans la région de l'Asie-Pacifique, à Tokyo, au Japon, ainsi qu'en Europe, à Gelsenkirchen, en Allemagne. La société est membre de l'alliance GM regroupant des entreprises de commercialisation des piles à combustible.

**Kinectrics Inc.**, qui faisait auparavant partie de l'entreprise de services publics Ontario Hydro, est maintenant une société autonome qui conçoit et fournit des composants connexes (BOP) pour les piles à combustible stationnaires et résidentielles et en détermine les spécifications. Elle possède des installations pour la mise à l'essai des piles à combustible uniques et des assemblages. À l'heure actuelle, Kinectrics construit et exploite un prototype de

centrale de cogénération SOFC de 250 kW, fabriquée par Siemens Westinghouse. En outre, la société aide Fuel Cell Technologies à mettre au point un système de cogénération résidentiel SOFC de 5 kW. Kinectrics offre des installations d'essai complètes pour les composants de piles SOFC et les assemblages.

**MagPower Systems Inc.** a développé une pile à combustible magnésium-air, MagGen, destinée à servir de source d'alimentation primaire, de remplacement ou de secours. Elle travaille aussi au développement d'un appareil conçu en collaboration avec BC Hydro, qui permettra de recharger les batteries d'accumulateurs au plomb de 125 volts et, dans certains secteurs, de les remplacer complètement. La vaste gamme de produits devrait comprendre un système résidentiel entièrement automatisé, une source d'alimentation primaire efficace et économique pour les pays en développement, une source d'alimentation primaire pour les embarcations et une source d'alimentation pour toutes les applications de secours qui font actuellement appel à des accumulateurs au plomb.

**Palcan Fuel Cells Ltd.** a développé des technologies pour le prototypage, la fabrication et la mise à l'essai d'assemblages et de systèmes PEMFC, alimentés à l'hydrogène pur et à l'air, d'une puissance variant entre 100 W et 5 kW. En outre, elle développe et fabrique des produits uniques en leur genre, en hydrure métallique de terres rares, servant au stockage de l'hydrogène. La combinaison de ces produits avec des systèmes électroniques permettra de produire une série de systèmes d'alimentation intégrés, appelés « Palpac Power Systems ». Au départ, ce système est destiné au marché des bicyclettes électriques, des petits véhicules électriques et des sources d'alimentation portables.

**PEM Technologies** est une entreprise canadienne spécialisée dans le développement et la commercialisation de technologies PEMFC. Elle a développé avec succès un scooter alimenté au moyen de ce type de pile et travaille maintenant au développement d'une motocyclette et d'un chariot élévateur à fourche alimentés au moyen d'une PEMFC à des fins de démonstration. L'entreprise a par ailleurs mis au point des composants clés bon marché de grande qualité, comme une plaque bipolaire, une membrane et un catalyseur pour des applications de piles à combustible.

**PowerDisc Development Corporation Ltd.** est une entreprise de R-D spécialisée dans le développement et la commercialisation des moteurs PowerDisc, ainsi que d'assemblages PEMFC et de systèmes de propulsion hybrides faisant appel à ces moteurs. L'entreprise travaille au développement de ses produits en étroite collaboration avec le CNRC, sous l'égide du Programme national sur les piles à combustible, et avec plusieurs entreprises complémentaires. Sa gamme de produits regroupera un

éventail de moteurs PowerDisc, d'une puissance variant entre 20 et 200 kW, ainsi que d'assemblages PEMFC et de systèmes de propulsion hybrides.

**Siemens Canada Ltd.** et Westinghouse figurent parmi les pionniers de la technologie des piles à combustible. Les premières activités menées dans les laboratoires de recherche de Siemens remontent à 1962. En 1984, une AFC de 100 kW développée par Siemens a été mise à l'essai avec succès dans un sous-marin. Siemens demeure l'une des entreprises de premier plan en matière de R-D sur les piles à combustible et de fabrication SOFC. Avec des projets de démonstration SOFC qui vont bon train au Canada et ailleurs dans le monde, la technologie SOFC de Siemens domine la concurrence.

## Fournisseurs de pièces et de systèmes

On trouve au Canada plusieurs autres entreprises qui tirent de la vente de produits et services aux producteurs de piles à combustible une part appréciable de leurs recettes. Certaines comptent parmi leur clientèle uniquement des producteurs canadiens de piles à combustible, tandis que d'autres approvisionnent des producteurs étrangers.

**Advanced Measurement Systems Inc.** se spécialise dans la mise à l'essai des piles à combustible. Cette entreprise fabrique des systèmes d'essai entièrement personnalisés qui mesurent les caractéristiques des piles à combustible, par exemple, la tension, le courant, l'humidité, la température et l'écoulement gazeux. Ses systèmes permettent également de commander tous les aspects du milieu d'essais.

**Agile Systems Inc.** a appliqué dans le marché des piles à combustible son savoir-faire dans le domaine des solutions de puissance numériques, en intégrant les mécanismes de commande et de gestion d'énergie pour produire la technologie de convertisseur la plus avancée. L'entreprise fait appel aux transformations numériques pour produire une solution de gestion de l'énergie à petite échelle, ingénieuse, branchée et polyvalente.

**Azure Dynamics Corp.** a mis au point une technologie brevetée de véhicule électrique hybride, qui permet d'installer le groupe motopropulseur des véhicules commerciaux modifiés ou neufs de poids léger ou moyen. Les systèmes de commande adaptatifs exclusifs à cette entreprise innovatrice permettent d'obtenir une efficacité et une performance optimales, tout en réduisant de façon appréciable les émissions et la consommation d'énergie.

**Cimtex Industries Ltd.** fabrique des composants en métal et en plastique, usinés et ouvrés, destinés à différentes industries, dont l'aérospatiale, les télécommunications et d'autres domaines de fabrication de haute technologie. Elle

offre des services complets, notamment la conception et le développement de prototypes, l'usinage, la fabrication, l'assemblage et la mise à l'essai.

**Dynetek Industries** développe, produit et commercialise les Advanced Lightweight Fuel Storage Systems<sup>MD</sup>, qui servent au stockage de gaz naturel comprimé pour les véhicules peu polluants, et d'hydrogène comprimé pour les véhicules à piles à combustible ne produisant aucune émission. La société vend ses produits sous la marque Dynecell dans une vingtaine de pays répartis dans le monde entier.

**FuelMaker Corporation** possède plus de 15 ans d'expérience dans les systèmes de ravitaillement en gaz haute pression partout dans le monde. Elle offre des services de génie sur commande portant sur des systèmes de remplissage rapide ou minuté destinés au ravitaillement de parcs de véhicules pour des systèmes de compression et de stockage d'hydrogène produit par électrolyse ou obtenu au moyen d'un reformeur, ou de gaz naturel et d'hydrogène, pour les besoins d'applications d'énergie et de piles à combustible stationnaires.

**Greenlight Power Technologies Inc. (division de Hydrogenics)** fournit du matériel d'essai et de diagnostic à l'industrie des piles à combustible. La gamme de produits actuelle de ce chef de file mondial comprend des postes d'essai pour les assemblages, les composants de piles à combustible, les reformeurs de combustible, les électrolyseurs et les systèmes de piles à combustible. Elle offre une technologie d'essai pour les applications stationnaires, portables et automobiles pour les piles à combustible de types PEMFC, MCFC et PAFC.

**HERA Hydrogen Storage Systems Inc.** développe des produits de stockage d'hydrogène à base d'hydrures métalliques destinés aux applications des piles à combustible, des moteurs à combustion interne alimentés à l'hydrogène et d'autres applications liées à l'hydrogène. Ces hydrures offrent une solution de stockage basse pression compacte, notamment pour les applications mobiles, stationnaires, portables et militaires.

**NORAM** se spécialise dans le développement, la commercialisation et l'offre de procédés électrochimiques. Cette entreprise privée est un acteur de premier plan au sein de BC Research, incubateur technologique établi à l'Université de la Colombie-Britannique. NORAM met l'accent sur les applications stationnaires pour les piles à combustible.

**Pathway Design & Manufacturing Inc.** fabrique des produits personnalisés pour l'industrie des piles à combustible. Spécialisée dans la conception et la fabrication de produits en plastique, cette entreprise dispose d'un atelier d'usinage offrant des services complets. Elle propose des services d'outillage, de prototypage, de production et d'usinage ainsi que de moulage par injection et de formage sous vide.

**Pivotal Power Inc.** offre des solutions en systèmes électroniques de puissance à l'industrie des piles à combustible. Elle propose des convertisseurs et onduleurs dans la plage de 1 W à 20 kW.

**Praxair Inc.** propose un éventail d'options en matière d'approvisionnement, par exemple, pour le gaz en vrac haute pression, l'hydrogène liquide, la production sur place ou l'approvisionnement en bouteilles ou par pipeline. Tous ces dispositifs sont conçus de manière à fournir aux utilisateurs d'hydrogène une source d'approvisionnement économique, souple, fiable et sûre.

**PrecisionH2** travaille au développement d'une technologie de processeur de combustible non thermique pour la production d'hydrogène sur place à partir de gaz naturel.

**QuestAir Technologies Inc.** développe, conçoit, fabrique et vend des systèmes complets de séparation des gaz. Ses technologies brevetées, ses méthodes de fabrication modulaire et son savoir-faire avéré lui permettent de produire pour l'industrie des piles à combustible des systèmes compacts très efficaces pour purifier l'hydrogène.

**SatCon Power Systems Canada Ltd.** fabrique notamment des convertisseurs CC-CA et CA-CC pour les applications de production décentralisée, entre autres des piles à combustible d'une puissance de 10 kW à 3 MW.

**SMC Pneumatics (Canada) Ltd.** contribue au développement d'applications des piles à combustible. Ses produits et sa structure de R-D lui permettent d'offrir constamment des solutions concertées visant à améliorer les systèmes de pile à combustible, les systèmes d'automatisation de la fabrication de piles à combustible et l'équipement d'essai connexe.

**SRE Controls Inc.** est un important fournisseur de dispositifs de commande pour les véhicules électriques industriels. Cette entreprise assure la conception, la fabrication et la vente de commandes électroniques pour les moteurs de traction, de commandes pour les moteurs d'appareils de levage et de pompes ainsi que des commandes de direction.

**Technologies M4 Inc.** propose des solutions en matière de systèmes électroniques de puissance, de commandes et de génératrices offrant une densité de puissance, une efficacité, une maîtrise et une fiabilité supérieures pour répondre aux besoins liés à la qualité de l'énergie ainsi que pour les applications de production d'énergie décentralisée et mobile.

**Teleflex (Canada)** veut s'imposer dans la conception et la fabrication de composants connexes (BOP) pour l'industrie des piles à combustible. Il s'agit de l'une des rares entreprises de l'Ouest du Canada qui peut fabriquer en grandes quantités des produits usinés de précision conçus sur mesure qui répondent aux exigences de qualité les plus rigoureuses.

**TeleflexGFI Control Systems Inc.** fournit des systèmes complets dans le domaine des carburants de remplacement et des composants connexes pour les véhicules et les applications stationnaires fonctionnant à l'hydrogène, au gaz naturel et au propane. La société propose des composants destinés aux fabricants de matériel œuvrant dans le stockage de l'hydrogène comprimé pour les véhicules à piles à combustible et les applications stationnaires.

**Transformix Engineering Inc.** conçoit et construit des appareils d'essais, de contrôle de la qualité, de manutention et d'assemblage pour les industries de l'automobile, des produits pharmaceutiques, des aliments et boissons, du conditionnement des produits de consommation et de la haute technologie. Cette société travaille avec des producteurs de piles à combustible au développement de produits connexes.

**Turbo Genset** propose des solutions technologiques pour les systèmes de production décentralisée et de transport d'énergie ainsi que les systèmes industriels. Ses génératrices et ses moteurs haute vitesse peuvent être raccordés directement à des turbomachines, par exemple, des compresseurs et des turbines à gaz, pour répondre aux besoins d'un éventail d'applications, notamment dans le domaine des piles à combustible.

**Tyco Electronics Ltd.** est le fabricant de composants passifs le plus important du monde. Il commercialise ses produits sous des marques comme AMP, Raychem, Elcon, Agastat, P&B, Schrack, Hartman, CII Technologies et Dulmison.

**Universal Dynamics** fournit en vertu de contrats d'impartition des services de génie et de développement de logiciels à des entreprises de l'industrie des piles à combustible. Mentionnons notamment la production décentralisée et l'infrastructure de distribution d'hydrogène, les systèmes logiciels d'essai ainsi que de collecte et d'analyse de données et le développement personnalisé d'équipement de fabrication automatisé.

**Vandenborre Hydrogen Systems Inc.** conçoit et fabrique des postes de ravitaillement H<sub>2</sub> IGEN®, notamment pour la production, la compression, la distribution et le stockage d'hydrogène. Le traitement thermique, le refroidissement des génératrices, les piles à combustible, les systèmes électroniques, les postes de ravitaillement et les solutions faisant appel aux énergies renouvelables sont au nombre des applications types.

**Westaim Ambeon** est un chef de file des technologies de matériaux composites pour les applications électroniques et de production d'énergie de pointe. Un nouveau groupe chargé des matériaux catalyseurs au sein de la division vise à tirer parti de ses compétences dans le domaine des matériaux composites pour aider à réaliser les percées nécessaires à l'industrie des piles à combustible en ce qui a

trait à des composants tels que les reformeurs de combustible, les assemblages membrane-électrodes et les anodes de SOFC.

**Xantrex Technology Inc.** développe, fabrique et commercialise des produits de pointe pour les systèmes électroniques d'alimentation et les dispositifs de commande destinés aux marchés de la production d'énergie décentralisée, mobile et programmable.

**Zetacon** fournit la plateforme Z2000, qui peut être configurée comme convertisseur de puissance, onduleur, génératrice ou commande de moteur sans capteur. Grâce à la Z2000, les clients peuvent tirer parti de la technologie avancée de puissance haut rendement sans investir des sommes considérables dans l'infrastructure d'électronique de puissance.

## Fournisseurs de services à l'industrie des piles à combustible

Quantité d'organismes fournissent des services à l'industrie des piles à combustible. Certains d'entre eux n'ont aucun client à l'extérieur de cette industrie.

L'**Alberta Research Council** propose des solutions scientifiques et technologiques inédites pour répondre aux besoins actuels et nouveaux de ses clients. Il développe et commercialise des technologies propres à conférer un avantage concurrentiel aux clients. Ce chef de file canadien de l'innovation offre des solutions sur la scène mondiale dans les secteurs de l'énergie, des sciences de la vie, de l'agriculture, de l'environnement, de la foresterie et de la fabrication.

L'**Association canadienne de l'hydrogène** est une association à but non lucratif regroupant des universités, des organismes de recherche et des petites entreprises. Elle fait la promotion de l'utilisation et du développement de l'énergie produite à partir de l'hydrogène ainsi que des technologies et des systèmes respectueux de l'environnement utilisés pour produire cette énergie.

L'**Association des fabricants de pièces d'automobile du Canada** fait la promotion des activités de fabrication de pièces, de systèmes, de composants, de matériaux, d'outils, d'équipement et de fournitures ainsi que des services destinés à l'industrie automobile, en particulier pour le marché du matériel d'origine. En outre, ses activités visent le bien-être de ses membres.

**AUTO21, L'automobile du XXI<sup>e</sup> siècle**, est une initiative nationale de recherche administrée par l'intermédiaire de l'Université de Windsor. Le gouvernement fédéral lui vient en aide sous l'égide des Réseaux de centres d'excellence.

La **Banque de développement du Canada** répond aux besoins spéciaux des entreprises à toutes les étapes de leur évolution. Le capital de risque et le financement de second rang offerts par le Groupe des investissements de la BDC prennent la forme d'instruments financiers flexibles et ingénieux s'adressant aux entreprises dont l'actif est principalement constitué de biens incorporels.

La **Banque HSBC Canada**, avec 160 succursales, est la septième banque en importance au pays. Il s'agit d'un membre principal du Groupe HSBC, l'une des organisations de services bancaires et financiers les plus importantes dans le monde entier.

Le **Centre for Automotive Materials and Manufacturing (CAMM)** assure le leadership et fournit une structure afin que l'industrie automobile puisse tirer parti de la recherche et de l'enseignement universitaires. Il s'agit d'un partenariat entre l'industrie, l'université et le gouvernement de l'Ontario. Les piles à combustible, dont les applications associées au transport et aux systèmes portables et stationnaires, constituent un important volet du programme de R-D du CAMM.

**Chrysalix Energy Management** est une société d'investissement en capital de risque par actions qui vient en aide aux jeunes entreprises en mettant l'accent sur l'industrie des piles à combustible. Cette coentreprise regroupe Ballard Power Systems, BASF Venture Capital, le Groupe BOC, Duke Energy, Mitsubishi et Shell Hydrogen.

**Colliers International** a acquis un savoir-faire technique spécialisé dans l'industrie des piles à combustible. Elle veille à ce que ses clients aient accès à des solutions appropriées et rentables dans le domaine immobilier.

Le **Conseil national de recherches du Canada**, par l'intermédiaire de son Institut de la pile à combustible de Vancouver, sert de plaque tournante en matière de programmes de recherche, de laboratoires, de savoir-faire scientifique et technique, de réseautage et d'aide financière pour l'industrie des piles à combustible au pays. Il met en évidence les technologies canadiennes des piles à combustible et fait la promotion du regroupement des grappes régionales de technologie des piles à combustible en une grappe pancanadienne de technologie des piles à combustible.

**Développement des ressources humaines Canada** a pour objectif d'améliorer le niveau de l'emploi, de favoriser l'égalité des chances et de promouvoir la sécurité sociale au Canada. Les Services au marché du travail concentrent leurs efforts sur la mise en place d'un processus conjoint de planification et de recherche, mettant à contribution des entreprises privées et des établissements publics, dans le but de créer un plan de ressources humaines pour l'industrie, lequel est nécessaire pour commercialiser la technologie et maximiser les retombées économiques locales.

**Diversification de l'économie de l'Ouest Canada** vient en aide à l'industrie des piles à combustible depuis 1990 et continue de travailler en étroite collaboration avec Piles à combustible Canada, Industrie Canada, le CNRC, les provinces de la Colombie-Britannique et de l'Alberta ainsi que d'autres intervenants de l'industrie, pour mettre en évidence les initiatives qui appuient et stimulent la croissance de cette industrie et y collaborer.

**Dundee Securities Corp.** possède de vastes compétences en distribution de valeurs mobilières au niveau institutionnel et de détail. Ce courtier en investissements indépendant et entièrement intégré, axé sur la recherche, fournit des services de recherche et de consultation à valeur ajoutée. Il concentre ses activités dans les secteurs où il a une expertise et des connaissances spécialisées.

**Environnement Canada** a pour mandat de conserver et d'améliorer la qualité de l'environnement naturel, notamment celle de l'eau, de l'air et du sol; de préserver les ressources renouvelables du Canada, notamment les oiseaux migrateurs, la flore et la faune sauvages en général; de conserver et de protéger les ressources en eau du Canada; de fournir des services météorologiques; d'assurer le respect des règles prises par la Commission mixte internationale du Canada et des États-Unis relativement aux eaux limitrophes; de coordonner les plans et les programmes fédéraux relatifs à l'environnement.

La **Financière Banque nationale**, société d'investissement offrant des services complets, possède des bureaux au Canada, aux États-Unis, en Grande-Bretagne et en Suisse. Des services de placements par actions, de placements initiaux ou subséquents de titres, de produits de crédit et de prêt ainsi que des services consultatifs sur les fusions et acquisitions font partie de ses services.

**Gowlings LLP** est l'un des cabinets d'avocats nationaux les plus importants du pays. Il propose toute une gamme de services juridiques, notamment dans le domaine de la propriété intellectuelle, aux clients de l'industrie des piles à combustible.

**Growthworks Ltd.**, chef de file reconnu en capital de risque et en gestion de fonds, possède un savoir-faire dans la mobilisation et l'investissement de capitaux. Les fonds qu'elle gère ont donné lieu à des investissements dans 300 petites et moyennes entreprises canadiennes, principalement dans les nouveaux secteurs.

**Heliocentris Energy Systems** est un chef de file mondial en matière de systèmes axés sur la technologie des piles à combustible et de l'hydrogène à des fins d'éducation, de sensibilisation et de démonstration. Sa vaste gamme de produits comprend aussi bien des systèmes de démonstration de base pour les écoles intermédiaires et

secondaires de premier cycle que de puissants systèmes à piles à combustible à interface informatique pour les collèges et universités.

**Hydro-Québec CapiTech**, filiale à part entière d'Hydro-Québec, réalise des investissements dans des entreprises dont les produits et les services sont susceptibles d'améliorer la performance des unités commerciales d'Hydro-Québec. Cette société d'investissement en capital de risque a investi directement et indirectement dans plus de cinq entreprises de l'industrie des piles à combustible et les technologies habilitantes connexes.

**Industrie Canada (Direction générale de l'énergie et de la marine)** facilite l'élaboration de la Carte routière sur la commercialisation des piles à combustible, procède à des analyses sectorielles, élabore une séance de sensibilisation aux piles à combustible et travaille avec l'industrie des piles à combustible pour donner suite à la Stratégie d'innovation fédérale.

L'**Institut canadien du chauffage, de la climatisation et de la réfrigération** est une association à but non lucratif regroupant les fabricants, les grossistes et les entrepreneurs de l'industrie canadienne du chauffage, de la climatisation, de la ventilation et de la réfrigération. Les entreprises membres fournissent des produits et services pour assurer le confort des occupants à l'intérieur des immeubles ainsi que des procédés de réfrigération essentiels.

L'**Institut de recherche sur l'hydrogène** est un centre de R-D qui fait partie de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Ses travaux portent principalement sur le stockage, la sécurité et l'utilisation d'hydrogène et de piles à combustible.

L'**Institute for Integrated Energy Systems de l'Université de Victoria** développe des technologies d'avant-garde et crée de nouvelles perspectives pour surmonter les obstacles à l'adoption généralisée des systèmes d'énergie durables. Cet institut est spécialisé notamment dans la modélisation, la conception et la mise à l'essai de piles à combustible et de cryocombustibles, ainsi que dans l'analyse de systèmes d'énergie et l'élaboration de politiques énergétiques.

**Ipsos-Reid (North American Energy Division)** comprend et connaît très bien toute la gamme de problèmes auxquels se heurtent les entreprises du secteur de l'énergie.

**James Hoggan and Associates**, spécialistes des énergies de remplacement, est l'un des cabinets d'experts-conseils en relations publiques et en relations avec les investisseurs les plus importants du Canada. Il compte actuellement parmi ses clients Ballard Power Systems, Stuart Energy Systems, QuestAir Technologies, Piles à combustible Canada et la California Fuel Cell Partnership.

**Korn/Ferry International** offre des services de recrutement mondial de cadres pour plusieurs entreprises de l'industrie des piles à combustible.

**KPMG LLP** est le cabinet de services professionnels de choix pour de nombreux chefs de file de l'industrie canadienne des piles à combustible. KPMG aide ses clients à concrétiser leurs priorités stratégiques et leurs objectifs de croissance, en faisant appel à du capital de risque, en procédant à des fusions, à des acquisitions ou à des placements initiaux de titre ou encore en établissant des alliances stratégiques.

**Marsh Canada**, société de services de gestion du risque et d'assurances la plus importante au monde, a pour mission de créer et de fournir des solutions et des services qui aident ses clients à mieux réussir sur les marchés.

**McCarthy Tétrault** est le cabinet d'avocats le plus important du Canada. Il possède des bureaux dans tous les grands centres financiers et commerciaux canadiens.

Le **ministère de l'Entreprise, des Débouchés et de l'Innovation de l'Ontario** vise à stimuler la croissance économique. Face à l'intensification de la concurrence sur le marché mondial, ce ministère poursuit cet objectif en contribuant à créer une culture de l'innovation, à encourager l'investissement et à accroître les exportations sur les marchés étrangers.

Le **ministère de la Concurrence, des Sciences et de l'Entreprise de la Colombie-Britannique** vise à consolider les partenariats actuels d'entrepreneurs, d'entreprises et d'organismes dans l'ensemble de la province et à en établir de nouveaux pour créer une économie vigoureuse axée sur le secteur privé, en favorisant une culture de l'innovation dans le domaine des sciences et de la technologie et en établissant des relations nationales et internationales pour stimuler l'investissement et le commerce.

Le **ministère de la Défense nationale** et les Forces canadiennes ont pour mission de défendre le Canada ainsi que ses intérêts et ses valeurs, tout en contribuant à la paix et à la sécurité internationales. En vertu de la politique de la défense du Canada, les Forces canadiennes sont appelées à remplir trois grands rôles : protéger le Canada, défendre l'Amérique du Nord en coopération avec les États-Unis et contribuer à la paix et à la sécurité internationales.

**Partenariat technologique Canada** est un fonds d'investissement qui aide le Canada à atteindre ses objectifs dans trois domaines : la croissance économique, la création d'emplois et de prospérité et l'appui au développement durable dans de nombreux secteurs technologiques. Il s'agit d'un rouage essentiel de la stratégie fédérale visant à stimuler l'innovation au pays. En partageant les risques inhérents aux investissements du secteur privé dans

l'innovation, PTC aide l'industrie canadienne à améliorer son assise technologique et ses compétences dans le domaine.

**Piles à combustible Canada**, association nationale à but non lucratif, est la principale source de services et de soutien pour les sociétés, les alliances d'entreprises et les établissements d'enseignement canadiens qui contribuent à la promotion, au développement et au déploiement des produits et services de l'industrie des piles à combustible ainsi que des produits et services connexes.

**PricewaterhouseCoopers LLP** comprend bien et appuie l'industrie des piles à combustible au Canada et ailleurs dans le monde. Son réseau de spécialistes des énergies de remplacement, regroupant 125 000 employés dans 142 pays, connaît à fond les problèmes auxquels se heurtent les entreprises à mesure que l'industrie se lance dans la commercialisation.

**Ressources naturelles Canada (Mesures d'action précoce en matière de technologie)** finance des projets qui appuient la démonstration et le déploiement des technologies nouvelles qui réduisent les émissions de GES. Le **Centre de la technologie de l'énergie de CANMET** s'associe à l'industrie et à d'autres organismes fédéraux et provinciaux pour développer et déployer de nouvelles technologies des transports, concernant entre autres les carburants de remplacement et les systèmes de propulsion de pointe, les systèmes perfectionnés de stockage de l'énergie, les technologies de contrôle des émissions, l'efficacité des systèmes de transport automobile et l'infrastructure de ravitaillement. Ressources naturelles Canada a récemment créé l'Alliance canadienne sur les piles à combustible dans les transports, initiative dotée d'un budget de 23 millions de dollars qui fera progresser l'infrastructure de ravitaillement nécessaire pour les véhicules à piles à combustible.

**TD Valeurs mobilières Inc.** offre des services conseils financiers sur le financement par actions et par emprunt, les fusions et les acquisitions, le désinvestissement et la gestion du risque. Cette société a aidé à mobiliser au cours des 18 derniers mois plus de 435 millions de dollars sous forme d'investissements en actions des secteurs privé et public pour les sociétés de technologies énergétiques.

**TISEC** propose plusieurs produits, dont un guide de référence pour les applications de l'hydrogène, les études sur la sécurité et la fiabilité ainsi que la conformité aux codes. L'information figurant dans ce guide facilite la conception, la fabrication et l'exploitation de systèmes alimentés à l'hydrogène pour les nouvelles applications dans les transports, y compris les piles à combustible.

**Transports Canada** a pour mission d'établir et d'administrer des politiques, des règlements et des services en vue de mettre en place le meilleur réseau de transport pour le Canada et les Canadiens - un réseau sécuritaire, efficace, abordable, intégré et écologique.

**Travaux publics et Services gouvernementaux Canada** assure la prestation de services communs au gouvernement du Canada et emploie près de 12 000 personnes. Ce ministère offre des services et des programmes par l'intermédiaire de bureaux situés dans tout le pays, ainsi qu'aux États-Unis et en Europe. Chaque année, il traite habituellement environ 50 000 contrats totalisant 8 milliards de dollars, ce qui en fait l'organisme acheteur le plus important au pays. TPSGC fait des achats pour une centaine de ministères et organismes fédéraux.

Le **University College of the Fraser Valley** est un grand établissement d'enseignement qui offre des programmes conduisant à un baccalauréat, à des diplômes et à des certificats (formation théorique et appliquée). Il offre également une formation dans les métiers ainsi que des services de formation continue. La technologie des piles à combustible représente un important volet de la recherche appliquée menée à cet établissement sur les énergies de remplacement.

**Ventures West Management** finance certaines entreprises de haute technologie parmi les plus importantes du Canada. Il a été un des principaux investisseurs dans Ballard Power, QuestAir, Cellex, Statpower (vendu à Xantrex), Inverpower (vendu à Satcon), Astropower, Greenlight Power, NxtPhase et Serveron.

## Infrastructure de ravitaillement

À l'échelle du Canada, plusieurs sociétés aménagent l'infrastructure de ravitaillement nécessaire, afin d'assurer le succès des applications de piles à combustible.

**BC Hydro** fait appel à des sources d'électricité renouvelables et dispose d'un vaste réseau de distribution, afin de produire de l'hydrogène pour les marchés de l'industrie, des transports et des applications portables. L'hydrogène fait partie intégrante de la stratégie de diversification de l'entreprise pour se tailler une place sur le marché de l'énergie durable. BC Hydro et sa filiale de recherche, **Powertech Labs**, sont en voie de jouer un rôle de premier plan dans l'émergence de l'économie de l'hydrogène grâce à la vente d'hydrogène et à la commercialisation de technologies connexes.

**Duke Energy** (anciennement Westcoast Energy) est l'un des acteurs les plus importants dans l'industrie nord-américaine du gaz naturel. Cette société, dont le chiffre d'affaires est de 15 milliards de dollars, exploite un réseau d'entreprises de collecte, de traitement, de transmission, de stockage et de distribution de gaz naturel. Il compte également à son actif des entreprises de production d'électricité et de services financiers, informatiques et énergétiques.

**Enbridge Gas Distribution** est le distributeur de gaz naturel le plus important du Canada et l'une des entreprises du secteur ayant connu la plus forte croissance en Amérique du Nord. Cette société dessert 1,5 million de clients résidentiels, commerciaux et industriels.

**ENRG** assure la conception, l'installation et l'entretien de postes de ravitaillement en gaz naturel dans l'ensemble de la Californie, de l'Arizona, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique.

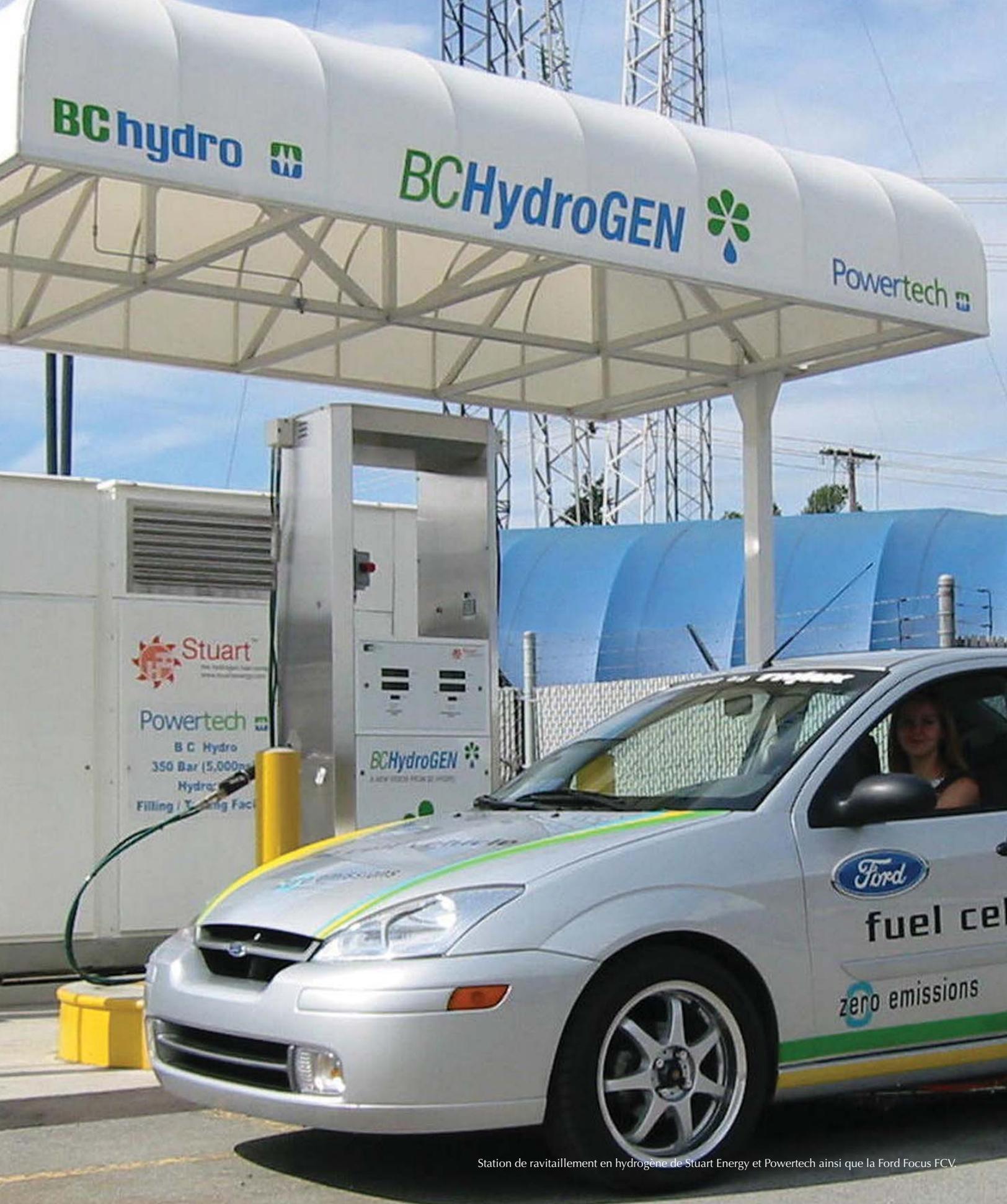
**General Hydrogen Corporation** développe des technologies et investit dans des entreprises qui aménagent et mettent en place l'infrastructure pour l'hydrogène. Cette société a formé avec General Motors une alliance stratégique de 25 ans, visant à faire avancer la technologie des piles à combustible.

**Kraus Group** assure la conception et la fabrication de systèmes de ravitaillement pour les véhicules. Il fabrique et intègre des postes de ravitaillement complets pour le gaz naturel et l'hydrogène comprimés et pour le propane.

**Methanex Corporation** est le chef de file mondial de la production et du marketing de méthanol. Elle travaille avec des sociétés phares à l'échelle mondiale pour faire progresser la commercialisation de la technologie des piles à combustible et mettre le méthanol sur le marché en tant que carburant de remplacement respectueux de l'environnement, offert à un prix concurrentiel.

**Ontario Power Generation** est l'une des entreprises de production d'électricité les plus importantes d'Amérique du Nord. Avec Siemens Westinghouse, le gouvernement du Canada et le département de l'Énergie des États-Unis, elle participe au développement du concept d'une SOFC de 250 kW. Un système pré-commercial en est à l'étape de la mise en service en Ontario.

**Stuart Energy Systems Corp.** est un important concepteur et fournisseur de systèmes de production d'hydrogène et de ravitaillement en hydrogène. Ces systèmes reposent sur une technologie brevetée d'électrolyse de l'eau visant à desservir le marché de l'hydrogène industriel et le nouveau marché de l'hydrogène pour les applications dans les transports et l'alimentation électrique à récupération.



Station de ravitaillement en hydrogène de Stuart Energy et Powertech ainsi que la Ford Focus FCV.

« PricewaterhouseCoopers » s'entend de PricewaterhouseCoopers s.r.l., Canada, société à responsabilité limitée de l'Ontario ou, selon le contexte, du réseau des sociétés membres de PricewaterhouseCoopers International Limited, chacune étant une entité distincte et indépendante sur le plan juridique.

## ENTREPRISES ET ORGANISATIONS PARTICIPANTES

