

Les énergies renouvelables au Canada Rapport de situation 2002

**Un rapport national
préparé pour le Groupe de travail sur les énergies renouvelables (GTEN)
de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)**



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

Canada

**Les énergies renouvelables au Canada
Rapport de situation 2002**

**Un rapport national
préparé pour le Groupe de travail sur les énergies renouvelables (GTEN)
de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)**

Rédigé pour :

Bureau de recherche et de développement énergétiques
Ressources naturelles Canada
Ottawa (Ontario), Canada K1A 0E4
mars 2002

Préparé par :

Stelios Pneumaticos
Orthologic Consulting
48 Promenade Eastpark
Ottawa (Ontario), Canada K1B 3Z9

Autorité scientifique :

Gilles Mercier
Bureau de recherche et de développement énergétiques
Ressources naturelles Canada

580, rue Booth, 14^{ième} étage
Ottawa (Ontario), Canada K1A 0E4

Remerciements

Nous voulons remercier tous les agents de la Division de l'électricité et des énergies renouvelables de Ressources naturelles Canada pour avoir préparé la version provisoire du rapport qui donne un aperçu du marché des énergies renouvelables, sur lequel est basé le présent rapport. Le rapport intitulé *L'énergie au Canada en l'an 2000*, répertorié dans la bibliographie, contient des renseignements semblables. En outre, nous voulons remercier les nombreux spécialistes du Centre de la technologie de l'énergie de CANMET de Ressources naturelles Canada pour avoir fourni des renseignements précieux et examiné certaines parties du présent rapport.

Avertissement

Le présent rapport est distribué uniquement à des fins d'information et ne reflète pas nécessairement les opinions du gouvernement du Canada. Il ne constitue pas non plus une approbation d'un produit commercial ou des opinions d'une personne. Le gouvernement du Canada, ses ministres, ses représentants, ses employés et ses agents ne garantissent pas l'exactitude du présent rapport et n'assument aucune responsabilité à l'égard de ses retombées.

Autorisation de reproduction

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

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2003

N° de cat. : M92-264/2002

ISBN : 0-662-67111-2

Table des matières

Résumé	i
1. Contexte	1
2. Aperçu de l'industrie canadienne des énergies renouvelables	5
3. La situation et les possibilités des diverses sources énergétiques	9
3.1 L'hydroélectricité	9
3.2 L'énergie marémotrice	11
3.3 La bioénergie	12
3.3.1 La bioénergie provenant des activités de l'industrie forestière	13
3.3.2 Le chauffage domestique à l'aide du bois	15
3.3.3 L'énergie tirée des déchets	17
3.3.4 La bioénergie de l'avenir	19
3.4 L'énergie géothermique et les systèmes d'énergie de la Terre (SET)	21
3.5 L'électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne	22
3.6 L'énergie mécanique produite à l'aide de l'énergie éolienne	25
3.7 L'énergie solaire	25
3.7.1 L'énergie solaire active	25
3.7.2 L'énergie solaire passive	28
3.7.3 L'énergie photovoltaïque solaire	29
4. Un aperçu de l'avenir - Les obstacles et les facteurs politiques	31
5. Les programmes à l'appui des énergies renouvelables	33
5.1 Les programmes et les budgets de R-D	33
5.2 Les programmes de commercialisation	35
6. Les activités de coopération internationale	39
7. Conclusions	41
Bibliographie sommaire	43
Annex A - Termes et facteurs de conversion	45
Annex B - Entreprises liées aux énergies renouvelables et exemples de projets de développement technologique	47

Résumé

Actuellement, 17 % de l'approvisionnement du Canada en énergie primaire provient de ressources énergétiques renouvelables. Il s'agit d'un gros pourcentage, puisque l'approvisionnement total en énergie primaire est d'environ 11 exajoules (EJ) par année. L'hydroélectricité est la source unique la plus importante des ressources énergétiques renouvelables, représentant environ 11 % du total de l'énergie primaire et plus de 60 % de l'électricité produite, soit environ 342 000 GWh par année. La biomasse est la deuxième ressource énergétique renouvelable, représentant environ 6 % (plus de 620 pétajoules/a) de l'énergie primaire totale. La quantité d'énergie tirée de l'hydroélectricité a augmenté d'environ 15 % au cours de la dernière décennie et celle tirée de la bioénergie, de 35 %. La quantité des énergies renouvelables produites à l'aide de nouvelles technologies, par exemple l'énergie provenant des déchets, l'éthanol provenant des céréales et l'électricité provenant de l'énergie éolienne et photovoltaïque, commence à croître. Actuellement, ces technologies permettent de produire plus de 20 pétajoules d'énergie primaire par année.

Les matières premières bioénergétiques comprennent le bois de chauffage, les déchets issus de la transformation du bois, le méthane provenant des gaz d'enfouissement, les déchets solides municipaux, les déchets industriels et les biogaz provenant des eaux usées. Il existe dans ce domaine une autre source d'énergie importante : les déchets brûlés par l'industrie forestière en vue de produire de l'électricité, de la vapeur et de la chaleur. Le bois de chauffage des résidences et les gaz d'enfouissement constituent aussi des ressources énergétiques tirées de la biomasse, qui sont utilisées à plus petite échelle.

L'utilisation la plus rentable des systèmes de chauffage solaire actifs est le chauffage à basse température tel que le chauffage de l'eau domestique, le chauffage des piscines et le préchauffage de l'air de ventilation des installations commerciales ou industrielles. Actuellement, plus de 12 000 systèmes solaires servent à chauffer l'eau domestique, et environ 300 systèmes solaires sont en service dans les installations commerciales et industrielles. Le chauffage solaire peut aussi servir à chauffer l'eau utilisée dans les lave-auto, l'eau des piscines résidentielles, ainsi que l'eau distribuée dans les aires de récréation.

Au Canada, en 2000, la capacité installée des systèmes photovoltaïques (PV) se chiffrait à environ 7,2 MW. La plupart de cette capacité, qui s'accroît rapidement, est attribuable à des systèmes PV hors réseau dont le coût est plus avantageux que celui du prolongement du réseau ou de l'installation d'un générateur autonome classique. Ces systèmes sont habituellement utilisés pour produire de l'électricité aux fins des systèmes de télécommunications, des systèmes de pompage et de purification de l'eau, des systèmes de surveillance et de commande à distance, ainsi que des systèmes d'éclairage et de balisage de la garde côtière. En outre, le public manifeste un grand intérêt pour l'utilisation des systèmes PV dans les bâtiments.

La capacité installée totale des éoliennes s'accroît rapidement en raison du grand intérêt manifesté par le public et des programmes d'encouragement lancés par le gouvernement en vue d'atténuer le changement climatique. La capacité installée actuelle d'environ 200 MW devrait permettre de produire annuellement plus de 500 GWh d'énergie. En vertu du nouveau Programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne, le gouvernement du Canada donnera, au cours des cinq prochaines années, une aide financière pour l'installation d'une nouvelle capacité de 1 000 MW en matière d'énergie éolienne.

Selon les prévisions actuelles, en 2020, la production d'énergie hydroélectrique devrait se chiffrer à environ 398 000 GWh, et la production d'autres énergies renouvelables, particulièrement la bioénergie et l'énergie éolienne, devrait également s'accroître considérablement. Le principal facteur de cette augmentation sera la nécessité d'atteindre les objectifs prévus dans le Protocole de Kyoto, qui consistent à réduire, d'ici 2010, les émissions de CO₂ de 6 % par rapport aux niveaux de 1990. Malgré ces augmentations, la part des énergies renouvelables dans la production totale d'énergie primaire au Canada ne devrait pas varier.

Les principaux obstacles à l'utilisation généralisée des technologies des énergies renouvelables au Canada sont d'ordre économique et technologique. Cependant, il faut améliorer les normes et les règlements et mieux éduquer le public sur les avantages des énergies renouvelables.

Il existe, depuis plus de 25 ans, des programmes d'aide à la recherche-développement et à la commercialisation des énergies renouvelables, qui sont financés par divers paliers de gouvernement en vertu d'objectifs stratégiques précis. Les principaux organismes de financement sont le Bureau de recherche et de développement énergétiques pour la recherche-développement (R-D) et la Division de l'électricité et des énergies renouvelables de Ressources naturelles Canada pour le développement des marchés. Le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET de Ressources naturelles Canada est le principal organisme de recherche et de développement énergétiques.

1. Contexte

Les énergies renouvelables ont été beaucoup utilisées au Canada, particulièrement avant le XX^e siècle. En effet, on a utilisé pendant des siècles le bois pour le chauffage et la cuisson, ainsi que l'eau et le vent pour produire de l'énergie mécanique et plus tard de l'énergie électrique grâce à l'apparition de technologie pertinente. Les « énergies renouvelables » englobent plusieurs sources d'énergie qui ont peu de points communs sur le plan technologique, mais qui ont toutes la même caractéristique : elles produisent de l'énergie électrique, thermique ou mécanique sans appauvrir les ressources, qui sont en général l'eau, la biomasse, le vent, le soleil, la terre et les déchets. Les technologies des énergies renouvelables autres que celles qui sont utilisées aux fins de la production d'hydroélectricité et de la combustion classique de la biomasse sont souvent appelées « nouvelles technologies ». Dans le présent document, les « nouvelles technologies » désignent les plus récentes technologies utilisées pour produire de l'énergie à l'aide de la biomasse, du vent, du soleil, de la Terre et des déchets.

Toutes les technologies des énergies renouvelables visent à remplacer les combustibles classiques de façon durable et respectueuse de l'environnement en vue de maintenir et d'améliorer la qualité de vie de la population canadienne actuelle et future. Ce pays possède sur son vaste territoire d'immenses ressources renouvelables qui peuvent être utilisées pour produire de l'énergie, notamment le bois pour le chauffage domestique dans les régions rurales, les capteurs solaires pour le chauffage de l'eau domestique et de l'eau des piscines chez la classe moyenne, les centrales thermiques qui produisent, à l'aide des déchets de la biomasse, de la chaleur et de la vapeur à des fins industrielles et les centrales hydroélectriques qui produisent de l'électricité dans l'ensemble du pays. En outre, la production d'électricité à l'aide d'éoliennes et de systèmes photovoltaïques récents, ainsi que la production de combustibles gazeux et liquides grâce au traitement biochimique et thermochimique de la biomasse prennent de plus en plus d'importance et suscitent un intérêt grandissant.

Jusqu'à la fin du XIX^e siècle (tableau 1), le bois a été la principale source d'énergie au Canada. Au XX^e siècle, l'utilisation des combustibles fossiles facilement accessibles a mené à la révolution industrielle, à l'urbanisation et à l'expansion du transport. Alors que l'utilisation du bois a décliné pendant la première moitié du XX^e siècle, l'utilisation de l'hydroélectricité s'est accrue rapidement, ce qui a contribué en grande partie à l'électrification du Canada. Actuellement, les ressources renouvelables, principalement l'énergie hydraulique et la biomasse telles que le bois de chauffage et les déchets de bois, représentent environ 17 % de l'énergie primaire canadienne et génèrent une importante activité économique dans de nombreux secteurs de la société. Ce rendement classe le Canada parmi les chefs de file de la production d'énergies renouvelables. L'hydroélectricité produite à grande échelle, qui représente plus de 60 % de la production totale d'électricité, est la ressource renouvelable la plus importante du pays. La contribution de la biomasse a doublé au cours des 20 dernières années et représente environ 6 % de l'énergie primaire totale. En bref, les énergies renouvelables constituent un secteur important qui connaît une croissance continue grâce à l'évolution des technologies qui favorise l'apparition de nouvelles sources énergétiques.

Sur le plan stratégique, l'intérêt public pour les énergies renouvelables s'est manifesté et accru pendant les crises du pétrole des années 70 et du début des années 80. Les Canadiens, tout comme les citoyens des autres pays membres de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), s'intéressent depuis longtemps aux énergies renouvelables. Même si dans la plupart des provinces canadiennes, la plus grande partie de l'électricité provient de l'énergie hydroélectrique, la première crise du pétrole des années 70 a éveillé un grand intérêt pour toutes les ressources énergétiques renouvelables. À la fin des années 70, le gouvernement du Canada et la plupart des gouvernements provinciaux ont donné suite à cet intérêt et cherché comment remplacer le pétrole et d'autres combustibles fossiles par des ressources renouvelables. On découvrait, à ce moment, grâce à des études d'évaluation des ressources, que le Canada avait de grandes réserves matérielles de biomasse, ainsi que de nombreuses possibilités en matière d'énergie solaire, éolienne géothermique et d'autres énergies durables, qu'il pouvait mettre en valeur et commercialiser. Un certain nombre d'initiatives ont été lancées pour concevoir, élaborer, démontrer et commercialiser les technologies des énergies renouvelables. C'est au début des années 80 que le gouvernement du Canada a attribué le plus de fonds aux énergies renouvelables, soit environ 100 millions de dollars par année, pour accélérer l'élaboration des technologies et favoriser leur lancement sur les marchés.

En vertu des objectifs stratégiques changeants des initiatives liées à « l'autonomie énergétique », à « la sûreté de l'approvisionnement énergétique », à « la diversité énergétique », au « développement durable », à « l'assainissement de l'air » et au « changement climatique », les gouvernements du Canada ont lancé, au cours des dernières décennies, de nombreux programmes à l'appui des énergies renouvelables. Il s'agissait soit de programmes à frais partagés de recherche, de développement et de démonstration des nouvelles technologies énergétiques, soit d'incitatifs fiscaux qui en favorisaient la commercialisation. Des activités connexes ont aussi été entreprises, notamment l'information du public au sujet des avantages des énergies renouvelables, l'élaboration de normes et d'outils de formation et la simplification des règlements.

En plus du gouvernement fédéral qui attribue des fonds, les 10 gouvernements provinciaux et les deux gouvernements territoriaux du Canada jouent un rôle clé dans la mise en valeur et la commercialisation des énergies renouvelables. Alors que la compétence du gouvernement fédéral en ce qui a trait au marché de l'énergie vise le commerce et les équipements interprovinciaux et internationaux, les gouvernements provinciaux sont responsables de la production et de la distribution de l'énergie sur leur territoire. Les initiatives de réglementation qui visent à accroître la production doivent être lancées par les gouvernements provinciaux. Dans le cas de l'hydroélectricité, les gouvernements provinciaux, par l'entremise des services publics d'électricité, sont les principaux intervenants dans la mise en valeur et la gestion de ces ressources. Auparavant, les programmes provinciaux portant sur les nouvelles technologies des énergies renouvelables complétaient les initiatives du gouvernement fédéral. Ils consistaient principalement en des projets de démonstration ou en des initiatives d'information des consommateurs.

Même si la plupart de ces programmes ont été éliminés, quelques gouvernements provinciaux ont conservé des compétences et des programmes de base. Étant plus proches du milieu où se déroulent les projets, ils continuent d'apporter une aide précieuse en ce qui a trait à la sélection et à la surveillance des projets, ainsi qu'à la diffusion des résultats.

Les objectifs initiaux quant à la part détenue dans le marché canadien par les nouvelles technologies des énergies renouvelables étaient optimistes; le succès obtenu n'a pas toujours été à la hauteur des attentes. La lenteur des progrès technologiques, la plus grande disponibilité du gaz naturel et les faibles prix du pétrole ont modéré les attentes quant à l'acceptation rapide des nouveaux produits par le marché, particulièrement les produits basés sur les nouvelles technologies. L'avantage d'une telle situation est qu'au Canada, ce sont les applications rentables des énergies renouvelables qui ont connu une croissance constante, par exemple l'utilisation des déchets de la biomasse à des fins de production de chaleur et d'électricité, le chauffage solaire des piscines et les projets hydroélectriques innovateurs (moins de 20 MW). Voici de nouvelles technologies élaborées grâce à la R-D qui sont de plus en plus acceptées par le marché : le système canadien Solarwall^{MC} qui, à l'aide de capteurs solaires métalliques, transfère la chaleur au système de ventilation; les systèmes PV et les petits systèmes hybrides utilisés hors réseau; les éoliennes utilisées par les services publics; et les poêles à bois ayant un bon rendement énergétique. Une description plus complète de ces technologies est présentée plus loin.

Actuellement, on pense en général que les énergies renouvelables sont des ressources durables qui ont un nombre croissant d'applications, qui comportent de nombreux avantages sur le plan de la protection de l'environnement et qui augmentent les débouchés économiques locaux. Comme c'est le cas pour de nombreux pays membres de l'AIE, le Canada estime que la mise en valeur et la commercialisation des énergies renouvelables l'aideront à atteindre ses objectifs liés au Protocole de Kyoto, ainsi que d'autres objectifs mondiaux en matière d'environnement. Un grand nombre des programmes actuels qui visent à promouvoir les énergies renouvelables au Canada sont basés sur des attentes réalistes, et les intervenants impliqués connaissent mieux le délai requis pour parfaire les nouvelles technologies et concurrencer sur le marché.

Tableau 1

Pourcentage de la consommation énergétique du Canada selon la source						
Année	Pétrole	Gaz naturel	Charbon	Hydro-électricité	Énergie nucléaire	Bois et autres
1871	0,5	0,0	11,0	0,0	0,0	88,0
1900	1,0	0,0	51,0	0,0	0,0	47,0
1920	6,8	0,4	75,0	1,5	0,0	16,3
1940	20,1	2,7	57,5	6,5	0,0	13,2
1960	54,4	13,2	16,9	10,8	0,0	4,7
1980	50,1	21,4	11,5	9,9	1,6	5,5
1997	39,5	28,1	12,2	11,4	2,8	6,0
1998	41,6	26,4	13,0	10,9	2,3	5,7
1999	41,7	26,0	12,8	11,0	2,5	6,0

2. Aperçu de l'industrie canadienne des énergies renouvelables

Le Canada est un chef de file mondial de la production des énergies renouvelables, puisque environ 17 % de son approvisionnement en énergie primaire provient de ressources renouvelables. En comparaison, la moyenne pour les pays membres de l'AIE était de 6 % en 1996 (selon un rapport de l'AIE sur l'évolution du marché des énergies renouvelables). La production canadienne des énergies renouvelables est basée sur deux grandes ressources : l'eau et le bois.

L'hydroélectricité produite à petite et à grande échelle représente 11 % de l'approvisionnement du Canada en énergie primaire et plus de 60 % de la production totale d'électricité du pays. La plupart de l'hydroélectricité est produite dans de grosses centrales mises sur pied par les services publics d'électricité; diverses industries en produisent une petite quantité pour répondre à leurs besoins.

En 1999, la production d'électricité par les services publics et les gros producteurs industriels a atteint 341 944 GWh, ce qui représente, selon un prix de gros à la sortie de 0,03 \$ par kilowattheure (KWh), environ 10 milliards de dollars. Un tiers de cette énergie, qui a une valeur à l'exportation d'environ 1 milliard de dollars, est exportée aux États-Unis sous forme d'énergie garantie ou d'énergie interruptible. Les autres sources d'énergie renouvelable sont la combustion classique de la biomasse et les sources considérées comme « nouvelles ». L'énergie tirée de la biomasse représente un pourcentage important (6 %) de l'approvisionnement du Canada en énergie primaire; elle provient de la combustion du bois et de ses sous-produits en vue de produire de la chaleur industrielle et de l'électricité, ainsi que d'assurer le chauffage des locaux. En outre, la biomasse provenant des céréales telles que le maïs et le blé, ainsi que des flux de déchets contenant du sucre ou de l'amidon permet de produire l'éthanol utilisé pour le transport. Diverses nouvelles technologies basées sur la conversion biochimique et thermique sont adaptées à une vaste gamme d'applications de la biomasse.

Il existe d'autres nouvelles sources d'énergie renouvelable, notamment l'énergie éolienne utilisée pour produire de l'électricité et de l'énergie mécanique, l'énergie de la Terre utilisée pour chauffer l'eau et pour chauffer et climatiser les locaux à l'aide d'une thermopompe, ainsi que l'énergie solaire utilisée pour produire de la chaleur et de l'électricité. Certains considèrent les petites centrales hydroélectriques indépendantes comme de nouvelles sources d'énergie, parce qu'au cours de la deuxième moitié du XX^e siècle, l'accent a été mis sur les projets de production à grande échelle. En outre, on est en train d'élaborer des technologies pour l'aménagement hydroélectrique de basse chute, c'est-à-dire pour les chutes dont la hauteur est inférieure à cinq ou six mètres. Dans ces deux domaines, la priorité est de réduire au minimum les retombées écologiques et environnementales des projets énergétiques en installant des turbines et des ouvrages de génie civil qui ne nuisent pas aux poissons.

Le tableau 2 présente des données sur la production d'énergie selon la source. Il existe des statistiques sur l'hydroélectricité et l'utilisation de la biomasse par les industries. Cependant, aucune enquête ne permet d'évaluer régulièrement la production d'énergie à l'aide des nombreuses nouvelles sources. C'est pourquoi le tableau 2 présente, à des fins de comparaison, des estimations fournies par des experts techniques qui travaillent dans ces domaines.

Tableau 2

Estimations de l'énergie primaire provenant de sources renouvelables, 1990 et 1999				
	Énergie électrique en GWh		Énergie thermique en PJ (intrants)	
	1990	1999	1990	1999
Énergie hydroélectrique	293 980	341 944		
Énergie marémotrice	26	29		
Électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne	<1	222+		
Énergie photovoltaïque	<1	6+		
Biomasse				
Pâtes et papiers industriels – électricité provenant des déchets du bois et de la lessive de cuisson	2 099+	4 767+		
Production d'énergie par des producteurs indépendants – électricité provenant des déchets du bois	189	1 626		
Électricité provenant des décharges	0	670+		
Électricité provenant des déchets municipaux solides (DMS)	19	19		
Stations d'épuration des eaux d'égout	23	58		
Pâtes et papiers industriels – chaleur provenant des déchets du bois			376*	513*
Chauffage domestique			84	95
Énergie thermique provenant des décharges			N.D.	2,4
Énergie thermique provenant des DMS				12,0
Éthanol provenant de la biomasse				4,1
Énergie de la Terre				1,0
Chauffage solaire actif – chauffage (eau et locaux)			0.1	1,1
Production totale d'énergie renouvelable	296 338	349 341	460,1	628,6

+ La production actuelle est probablement plus élevée. En général, la production déclarée sous-estime les activités réelles, en raison de la difficulté de différencier les divers combustibles utilisés comme intrants.

* Énergie thermique totale du combustible utilisé; elle englobe la production d'électricité indiquée sous la rubrique « Pâtes et papiers industriels ».

N.D. : non disponible

Source : *Renewable Energy Market Overview 2000*, Statistique Canada et autres.

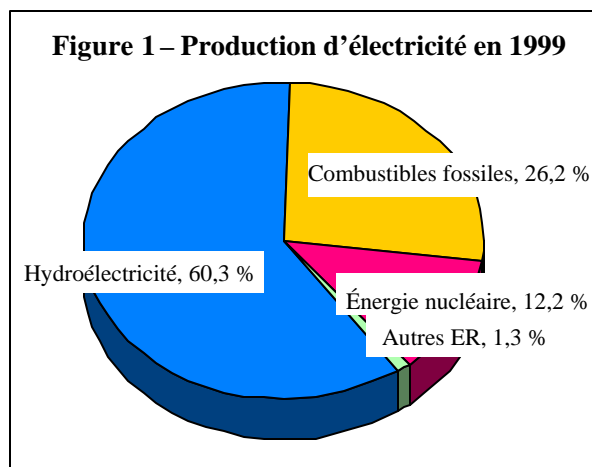
En 1999, les recettes brutes de l'industrie des nouvelles technologies se chiffraient à environ 1,4 milliard de dollars, dont 400 millions de dollars en exportations, et comptaient environ 3 700 travailleurs canadiens. Les ventes et le nombre d'emplois varient considérablement d'une année à l'autre, selon le nombre et l'ampleur des projets en cours.

Dans l'industrie des nouvelles technologies des énergies renouvelables, les secteurs de l'énergie éolienne et de l'énergie photovoltaïque semblent être ceux qui offrent les meilleures possibilités de croissance à court et à moyen termes. La rentabilité accrue de ces technologies, la multiplication des marchés et le grand intérêt manifesté par le public favorisent le lancement de nouvelles initiatives stratégiques qui appuient les efforts de commercialisation. Compte tenu des progrès technologiques et du lancement d'autres initiatives liées au changement climatique, on fonde beaucoup d'espoir à long terme sur l'électricité et les combustibles liquides produits à l'aide des énergies renouvelables.

3. La situation et les possibilités des diverses sources énergétiques

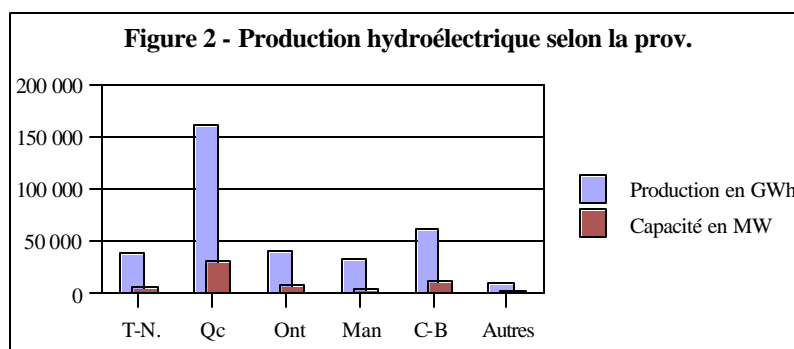
3.1 L'hydroélectricité

En raison de ses abondantes ressources hydriques et de sa géographie, le Canada a de nombreuses possibilités de produire de l'énergie à faible coût. Il n'est donc pas surprenant que l'hydroélectricité ait joué un rôle majeur dans le développement économique du Canada. Au cours du XX^e siècle, on a construit de grosses centrales hydroélectriques partout au pays, ce qui explique la position dominante actuelle de cette source énergétique.



Comme l'indique la figure 1, l'hydroélectricité est la principale source d'électricité au Canada (60,3 %), suivie par les combustibles fossiles et l'énergie nucléaire. Le Canada est le principal producteur mondial d'hydroélectricité (environ 342 000 GWh/a), suivi des États-Unis et du Brésil. Il a une capacité installée de plus de 67 GW, et le taux d'utilisation de cette capacité est de 50 % en raison de ses imposants réservoirs. Il est important de bien gérer les eaux de retenue, parce que c'est au printemps qu'il y a le plus d'eau en raison des précipitations et de la fusion de la neige et que c'est en décembre et en janvier que la demande est la plus forte en raison des besoins en chauffage.

Comme la figure 2 l'indique, la plus grande partie de l'hydroélectricité est produite dans la moitié des provinces canadiennes, et surtout au Québec. Les plus gros producteurs sont des services publics d'électricité appartenant aux gouvernements provinciaux



tels que Hydro-Québec, BC Hydro, Newfoundland and Labrador Hydro et Manitoba Hydro. Ces services publics ont construit, partout au pays, des centrales hydroélectriques de production à grande échelle. Le complexe La Grande situé sur le côté québécois de la baie James est la plus grande centrale hydroélectrique du monde, ayant une capacité de plus de 15 000 MW.

Outre les services publics d'électricité provinciaux, plusieurs industries possèdent et exploitent des installations hydroélectriques à leurs propres fins. Dans de nombreux cas, cette pratique remonte à la première moitié du XX^e siècle et précède l'électrification générale du Canada par les services publics d'électricité.

Une nouvelle tendance s'est dessinée récemment : la création d'une industrie de producteurs d'énergie indépendants au cours des années 80 et 90 à la suite de la déréglementation graduelle de l'industrie. Habituellement, ces producteurs vendent leur électricité aux services publics. Ils construisent des centrales de production à petite échelle - d'une capacité de 1 à 50 MW - et aident les services publics à répondre à la demande croissante. Ils représentent présentement environ 1 800 MW de la capacité de production installée et produisent quelque 9 000 GWh d'énergie par année.

Le coût de la production de l'hydroélectricité au Canada a toujours été l'un des plus faibles au monde, ce qui permet d'établir des prix de vente au détail très bas qui avantagent les clients du secteur résidentiel et du secteur industriel qui consomment beaucoup d'électricité, par exemple l'industrie de l'aluminium. Selon des estimations récentes, la construction d'autres centrales hydroélectriques pourrait permettre de diminuer encore le coût de la production d'électricité (de 0,03 \$ à 0,045 \$ par kWh).

Selon deux documents publiés par Ressources naturelles Canada *Perspectives énergétiques du Canada 1996-2020* (1997) et *Perspectives des émissions du Canada : une mise à jour* (1999), la production hydroélectrique devrait augmenter d'environ 15 % pendant la période de 2000 à 2020, pour se chiffrer à 397 740 GWh/a, en raison de la construction de centrales au Québec, en Colombie-Britannique et au Manitoba. La demande croissante d'électricité, la nécessité de réduire les émissions de gaz à effet de serre et le coût compétitif de l'hydroélectricité contribueront certainement à favoriser la croissance de ce secteur. De fait, les ministres fédéraux et provinciaux de l'Énergie et de l'Environnement ont conclu en octobre 1998 que l'hydroélectricité peut jouer un rôle essentiel dans les stratégies nationales et internationales du Canada en matière de changement climatique. Pour avoir davantage de renseignements sur l'hydroélectricité au Canada, veuillez consulter le site Web de l'Association canadienne de l'électricité (www.canelect.ca).

3.2 L'énergie marémotrice

Le mouvement perpétuel des océans – les vagues et les marées - comporte une immense quantité d'énergie. Cependant, l'aménagement de cette énergie représente tout un défi. Il est possible de récupérer cette énergie en retenant dans des réservoirs l'eau océanique à marée montante, puis en la libérant dans des turbines hydroélectriques à marée descendante. Il n'existe dans le monde entier que quelques centrales marémotrices qui fonctionnent de cette façon. La plus importante est la centrale marémotrice située sur l'estuaire de La Rance en France, qui a une capacité de 240 MW. La deuxième est la centrale marémotrice d'Annapolis, située en Nouvelle-Écosse (Canada), qui a une capacité de 20 MW.

La baie située entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick est l'un des rares endroits du monde où la marée ascendante peut atteindre 10 mètres, et parfois même 16 mètres. À la suite des études de faisabilité réalisées pendant les années 60 et 70 et portant sur les possibilités offertes par la baie de Fundy en matière de production d'énergie marémotrice, on a construit à Annapolis la centrale marémotrice de démonstration à faible hauteur de chute. Cette centrale, mise en service en 1984, a une production annuelle d'environ 30 GWh.

Actuellement, l'utilisation de l'énergie marémotrice est considérée comme rentable seulement dans les endroits où les grandes marées et la situation géographique créent les conditions favorables à la construction d'une centrale marémotrice. Les estimations sur la capacité mondiale varient de modérées (100 GW) à audacieuses (1 000 GW). Au Canada, il existe des *possibilités* à plusieurs endroits. Les emplacements considérés comme les plus rentables sont situés sur la baie de Fundy; ils auraient une capacité totale de 8 500 MW et une production annuelle de 22 000 GWh.

Les préoccupations à l'égard de l'environnement, particulièrement les retombées sur les poissons migrateurs, les coûts d'immobilisation élevés et la nécessité de synchroniser la production d'énergie marémotrice et les charges requises par les services publics constituent d'importants défis qui réduisent les possibilités d'expansion à court terme de ce secteur.

3.3 La bioénergie

La **biomasse** est largement répandue dans le monde et représente une part importante des énergies renouvelables dans la plupart des pays. Au Canada, la bioénergie représente 6 % de l'énergie primaire; elle est donc la deuxième source d'énergie renouvelable après l'hydroélectricité. La combustion des déchets provenant de l'industrie des produits forestiers et de l'industrie des pâtes et papiers en vue de produire de l'électricité, de la vapeur et de la chaleur industrielles est une source importante de bioénergie. Le bois qui sert au chauffage domestique et les gaz d'enfouissement sont aussi des sources importantes de bioénergie utilisées à plus petite échelle. Les matières premières de la biomasse canadienne comprennent notamment le bois de chauffage, les déchets de la transformation du bois (souvent appelés *hog fuel* – copeaux - dans l'Ouest du Canada), le méthane provenant des gaz d'enfouissement, les déchets municipaux solides, les déchets industriels et les biogaz provenant des eaux usées. En outre, on se penche sur la création de nouvelles sources énergétiques et de nouveaux combustibles liquides à partir des débris végétaux, des plantations énergétiques à courte rotation et des cultures agricoles telles que le saule, le peuplier et le panic raide.

Tableau 3

Bioénergie – Production et possibilités selon la technologie						
Technologie	Production actuelle (1999-2000)		Possibilités matérielles		Expansion réaliste d'ici 2010	
	Énergie électrique GWh	Énergie thermique PJ	Énergie électrique GWh	Énergie thermique PJ	Énergie électrique GWh	Énergie thermique PJ
Industrie forestière (copeaux et lessive noire de cuisson)	6 393*	513		Grandes		12-30
Chauffage domestique		95		Grandes		
Énergie tirée des déchets	747	14	1 500	Grandes	600	
Nouvelles sources d'énergie (cultures, éthanol, etc.)		4,1	Grandes	Grandes		5+
Bioénergie totale	7 140	626	1 512+		600+	15-35

* Il s'agit de l'énergie électrique produite par la combustion de divers déchets. Elle est comprise dans le montant de 513 PJ indiqué à la colonne suivante pour l'énergie thermique provenant des copeaux et de la lessive noire de cuisson.

Le tableau 3 présente la contribution des principales technologies bioénergétiques. En raison de l'immense territoire du Canada, il existe de grandes *possibilités* matérielles pour produire d'autres produits chimiques et combustibles solides, gazeux et liquides, ainsi que de l'électricité à partir de la biomasse. Les principaux obstacles à la concrétisation de ces possibilités sont les coûts d'immobilisation initiaux des systèmes bioénergétiques, ainsi que les coûts d'exploitation liés aux biocombustibles. Lorsque l'on tient compte de tous les facteurs, il arrive souvent que le coût final par unité d'énergie produite ne puisse concurrencer le coût de l'énergie utile produite par les technologies des combustibles fossiles. Ainsi, comparativement à ces derniers (pétrole et gaz naturel), la densité énergétique du bois et d'autres végétaux est faible, alors que leur coût de collecte, de transport et de manutention par unité d'énergie est élevé. Contrairement aux combustibles fossiles, pour lesquels il existe des services publics, il n'existe pas pour les biocombustibles une infrastructure commune de distribution. Si l'on déployait des efforts pour réduire les coûts liés à l'approvisionnement en bioénergie, on pourrait accroître considérablement le recours à la biomasse.

L'industrie liée aux activités bioénergétiques est diversifiée. Elle comprend des fabricants de chaudières, de poêles à bois, d'autres appareils de combustion et de combustibles tels que les granulés et les combustibles liquides, ainsi qu'un grand nombre de fournisseurs de bois de chauffage. Cette industrie emploie au total plusieurs milliers de travailleurs à temps plein ou à temps partiel.

3.3.1 La bioénergie provenant des activités de l'industrie forestière

L'énergie provenant de la biomasse forestière est souvent un sous-produit dérivé des nombreuses activités de l'industrie forestière canadienne. Ainsi, les déchets de bois, qui sont souvent des écorces, des sciures, des particules de rabotage, des sous-produits de la fabrication de la pâte et d'autres produits, proviennent des scieries (fabrication du bois d'œuvre), des usines de fabrication de meubles, de portes et d'ouvrages de menuiserie, ainsi que des usines de production de pâtes et papiers et de produits connexes. Ces déchets doivent être éliminés de la façon la plus économique et respectueuse de l'environnement possible. Auparavant, la plupart étaient brûlés dans des brûleurs spéciaux ou empilés à des fins de décomposition graduelle. La pénurie énergétique a mené à l'élaboration de technologies bioénergétiques modernes qui permettent la manutention et la combustion de ces déchets à des fins de production de chaleur, de vapeur et d'électricité. Dans de nombreux cas, les déchets supplémentaires dont on n'a pas besoin à un site de production sont envoyés à d'autres usines où ils sont utilisés comme combustibles. Habituellement, les industries du bois massif produisent plus de déchets que nécessaire pour répondre à leurs propres besoins énergétiques; elles vendent donc le surplus à des usines de pâtes voisines ou à des producteurs d'énergie indépendants. Ceux-ci possèdent de grosses chaudières qui sont alimentées par leurs propres déchets et par les déchets qu'ils achètent et qui produisent, à l'aide de turbines à vapeur, de la chaleur, de la vapeur et de l'électricité industrielles.

En 1999, l'utilisation des déchets de bois et de la lessive noire de cuisson a permis à l'industrie forestière canadienne de produire 513 PJ d'*énergie thermique*. Le plus important consommateur unique de la biomasse industrielle est l'industrie des pâtes et papiers. De fait, cette industrie comble la moitié de ses besoins énergétiques grâce à la bioénergie. Le deuxième consommateur de bioénergie est l'industrie du bois de sciage, qui utilise souvent les déchets de bois pour chauffer les séchoirs à bois.

Sur le plan de l'*énergie électrique*, l'industrie des pâtes et papiers a une capacité de production d'environ 1 500 MW grâce à ses centrales de cogénération. Habituellement, une usine a de grosses chaudières alimentées par les déchets de la biomasse et d'autres combustibles tels que le mazout et le gaz naturel. La vapeur ainsi produite sert à produire de l'électricité à l'aide de turbines à vapeur classiques; ce qui reste est utilisé pour d'autres procédés tels que le séchage.

Outre l'industrie des pâtes et papiers, plusieurs *producteurs d'énergie indépendants* sont apparus au cours des 20 dernières années; ils produisent de l'électricité grâce à la combustion des déchets de bois qu'ils se procurent habituellement auprès des scieries impatientes de s'en débarrasser. Il y a au Canada une douzaine de ces producteurs qui, grâce à une capacité installée d'environ 128 MW, vendent de l'électricité aux services publics d'électricité. Le plus important, situé à William Lake (Colombie-Britannique), a une capacité de 66 MW.

L'électricité totale produite par les usines de pâtes et papiers et par les producteurs d'énergie indépendants dépend de nombreux facteurs opérationnels, notamment la fluctuation de leur capacité à produire des déchets, les activités des consommateurs de déchets tels que les usines de pâtes et papiers, ainsi que le prix et la disponibilité des combustibles fossiles. La quantité d'électricité produite déclarée par Statistique Canada est assez faible compte tenu de la capacité installée (de 6 000 à 7 000 GWh), ce qui signifie que le système de déclaration est erroné ou que l'utilisation de la biomasse à des fins de production d'électricité dans les usines de pâtes et papiers est sporadique.

Il semble que dans l'ensemble, le recours à la bioénergie dans l'industrie ait augmenté d'un tiers au cours des 10 dernières années. Mais cette tendance a récemment changé en raison d'une baisse des prix de l'énergie et du prix net à la livraison des nouveaux systèmes bioénergétiques, qui est souvent supérieur à celui des combustibles fossiles. La moins grande disponibilité des déchets bon marché, les coûts d'immobilisation et d'exploitation élevés inhérents aux biocombustibles, les restrictions environnementales et les incertitudes réglementaires ont détourné l'attention vers l'efficacité énergétique et la conversion au gaz naturel. Les possibilités de multiplier les sources bioénergétiques semblent avoir diminué.

Les analyses sectorielles effectuées en 1999 dans le cadre de l'Initiative du changement climatique, qui visaient à repérer les possibilités de réduction du CO₂ et d'autres émissions, ont permis d'obtenir une analyse des options qui s'avérait indispensable. Ces évaluations effectuées par 15 tables de concertation consistaient en des discussions par des groupes d'experts et en l'élaboration d'un rapport sur les options pour chaque domaine. En ce qui a trait à la bioénergie provenant des ressources forestières, on a conclu que l'utilisation des déchets excédentaires produits par les scieries permettraient d'accroître de 12 à 30 PJ la contribution de la bioénergie. Cette nouvelle énergie viendra probablement d'installations de cogénération semblables à celles qui sont en service actuellement, où des déchets bon marché sont brûlés dans de grosses chaudières en vue de produire de la chaleur et de l'électricité. Cela ne sera possible que si les prix de l'énergie ou les prix de rachat sont plus élevés et tiennent compte des avantages des énergies renouvelables en ce qui a trait à la protection de l'environnement. On envisage de lancer de tels projets à plusieurs sites au Québec et dans l'Ouest du Canada, où la concentration de déchets est suffisante et la demande de chaleur à basse température, constante.

Il est à noter également que l'expansion du secteur de la bioénergie est tributaire des progrès technologiques réalisés au sein de l'industrie forestière. Ainsi, il semble que les déchets provenant des activités forestières diminuent depuis quelques années. En 1999, on a estimé que le total des déchets excédentaires annuels n'était que d'un peu plus de cinq millions de tonnes. Cette diminution semble résulter du fait que l'industrie forestière utilise davantage ses déchets (par exemple les sciures et les copeaux de qualité inférieure) pour produire de l'énergie, mettre en œuvre de nouveaux procédés tels que les nouvelles technologies de fabrication des pâtes et produire de nouveaux produits tels que les panneaux de fibres à densité moyenne. Il serait possible d'obtenir davantage de déchets forestiers, mais le coût à la livraison de ces combustibles n'est actuellement pas concurrentiel avec celui du gaz naturel et des produits pétroliers.

La Société canadienne de manufacturiers de chaudières regroupe les principaux fabricants de chaudières qui s'intéressent habituellement à ces projets. Pour avoir davantage de renseignements à ce sujet, veuillez consulter le site Web suivant : www.canadianboilersociety.ca

3.3.2 Le chauffage domestique à l'aide du bois

L'utilisation du bois pour le chauffage domestique et la cuisson a une longue histoire au Canada et dans le monde. Même si actuellement la plupart des Canadiens préfèrent l'électricité et des combustibles tels que le gaz naturel et le mazout, le chauffage au bois fait encore partie de leur mode de vie. Environ un tiers des foyers canadiens sont munis d'appareils de chauffage au bois, le plus grand nombre se trouvant dans le Canada atlantique (particulièrement à Terre-Neuve et au Labrador) et le plus petit, dans les Prairies.

On utilise habituellement pour le chauffage domestique des poêles à bois autonomes, des systèmes de chauffage à air pulsé ou à eau chaude alimentés au bois, des foyers encastrables (munis d'une chambre de combustion de pointe), les foyers à haute efficacité et les corps de chauffe en maçonnerie à masse thermique élevée. Selon les résultats d'un sondage, plus de 1,5 million de Canadiens utilisent le bois pour le chauffage domestique et 1,5 million l'utilisent pour le chauffage d'appoint. En outre, on trouve souvent dans les plus vieilles maisons du Canada des cheminées à foyer ouvert, mais ceux-ci ne sont pas considérés comme des appareils de chauffage. Le bois rond est habituellement le combustible de choix, mais on a aussi recours aux copeaux de bois et aux granulés. Une grande partie du bois de chauffage est recueillie et préparée par l'utilisateur final. Les petits exploitants tels que les agriculteurs qui sont propriétaires d'une terre à bois peuvent aussi fournir du bois déjà coupé et prêt à être utilisé ou des billes qui seront coupées par l'acheteur. Selon Ressources naturelles Canada, la valeur en énergie primaire du bois utilisé pour le chauffage domestique est de 90 à 96 PJ/a.

Le chauffage domestique au bois est maintenant plus attrayant en raison des progrès technologiques réalisés au cours de la dernière décennie. Les nouveaux poêles à combustion catalytique libèrent une moins grande quantité de fumée et de polluants atmosphériques et réduisent d'environ 80 % les émissions de particules, comparativement aux poêles classiques fabriqués avant 1985. De plus, la combustion plus complète du combustible produit davantage de chaleur. Enfin, l'esthétique de ces nouveaux poêles s'est accrue, puisque de grandes fenêtres en vitrocéramique permettent maintenant aux propriétaires de voir la flamme sans sacrifier l'efficacité.

Dans de nombreux cas, le chauffage au bois est rentable. Plusieurs facteurs entrent en jeu. Il est important de trouver à proximité du bois de chauffage de grande qualité et à faible coût. Le prix des sources d'énergie classiques telles que le mazout, le gaz naturel et l'électricité est un autre facteur déterminant. Le prix élevé de ces combustibles incite grandement les propriétaires à utiliser le bois pour le chauffage d'appoint. Le faible nombre de gros fournisseurs de bois de chauffage, comme il en existe pour le mazout, le gaz naturel et l'électricité, nuit à l'adoption de cette option. Le chauffage au bois n'est pas limité par la disponibilité des ressources, puisque le Canada possède d'immenses ressources forestière dont seulement une petite partie est actuellement exploitée à des fins énergétiques. Il serait possible d'accroître le chauffage au bois domestique si le prix de l'énergie classique augmentait ou si l'approvisionnement en bois s'améliorait.

En plus d'être utilisé pour le chauffage domestique, le bois est utilisé pour le chauffage des **bâtiments commerciaux et institutionnels**. Cependant, il n'existe aucune donnée détaillée sur cette pratique. Il y a au Canada quelques systèmes énergétiques de quartiers alimentés à la biomasse. Le plus gros, d'une capacité de 1,2 MW, se trouve à Charlottetown (Île-du-Prince-Édouard). Mis en service au milieu des années 80, ce système sert actuellement plus de 60 clients et 84 bâtiments à l'aide de déchets de scierie et de biomasse. Un système de chauffage alimenté au bois fournit, depuis 1992, la chaleur et l'eau chaude à tous les bâtiments du village cri québécois Oujé-Bougoumou.

Le chauffage à la biomasse est utilisé à plusieurs autres endroits, notamment dans les fermes, les magasins, les écoles et les hôpitaux des régions rurales, ainsi que dans les bâtiments gouvernementaux. Il s'agit dans la plupart des cas de petits systèmes dont la capacité va de 50 à 300 KW.

Pour avoir davantage de renseignements sur le chauffage domestique au bois, veuillez consulter le site Web suivant : www.nrcan.gc.ca/es/erb/reed/wood.

3.3.3 L'énergie tirée des déchets

La bioénergie dérivée des déchets gagne en popularité au Canada. La récupération de l'énergie provenant des gaz d'enfouissement, des biogaz de diverses sources et de la combustion des déchets solides municipaux semble être le moyen le plus raisonnable de régler un problème environnemental. Actuellement, l'énergie totale dérivée des déchets est d'environ 747 GWh (tableau 3); cette quantité pourrait doubler au cours de la prochaine décennie.

Les **gaz d'enfouissement (GE)** provenant des décharges municipales contiennent environ 50 % de méthane (CH₄) et 50 % de dioxyde de carbone (CO₂), ainsi que quelques composés à l'état de trace. Il s'agit d'une source importante de méthane d'origine anthropique qui représente 21 % des émissions canadiennes de méthane. Le potentiel du méthane, en ce qui a trait au réchauffement de la planète, est 21 fois plus grand que celui du CO₂. Les gaz d'enfouissement peuvent être gérés de deux façons après avoir été capturés : ils peuvent être brûlés à la torche ou utilisés comme source d'énergie. Le brûlage à la torche convertit le méthane en CO₂, un gaz moins dommageable en ce qui a trait au réchauffement planétaire. Cette méthode permet en outre d'éliminer les problèmes d'odeur et de détruire les contaminants. L'utilisation des gaz d'enfouissement pour produire de l'énergie permet, en plus de régler ces problèmes, de conserver des sources d'énergie non renouvelable.

En 1999, on a capturé, au Canada, 290 kilotonnes de méthane qui ont été soit brûlées à la torche, soit utilisées pour produire de l'énergie. Ces pratiques ont permis de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES) d'environ six millions de tonnes d'équivalent CO₂ (6Mt CO_{2e}), ce qui produit le même effet que le fait de retirer de la route 1,5 million de voitures! Environ 97 % du méthane capturé à des fins énergétiques a été utilisé pour produire de l'électricité vendue à des services publics. En 1999, la capacité installée de production d'électricité se chiffrait à 86,8 MW. Cette capacité utilisée à 90 % permettrait de produire environ 670 GWh d'électricité par année.

Selon le rapport sur les options présenté par la Table des municipalités, il est possible de doubler la quantité des gaz d'enfouissement capturés dans les décharges canadiennes, qui passerait de 6 à 12 Mt de CO₂ par année. Cette mesure encouragerait la production d'électricité à partir des gaz capturés et réduirait en conséquence la nécessité de produire de l'électricité à partir d'autres sources.

En outre, on peut produire du méthane par digestion anaérobie pendant le traitement des eaux usées et des effluents industriels. Ce processus dissout les solides biologiques produits par un système d'épuration des eaux usées. Plus de 78 % des Canadiens ont actuellement un réseau d'égouts branché à une station d'épuration des eaux usées. Dans la plupart de ces stations, une partie du méthane produit sert à chauffer le digesteur. Dans au moins neuf stations, le méthane est utilisé en cogénération. La capacité installée totale est estimée à 17 MW, et la production annuelle, à 58 GWh.

Pour avoir davantage de renseignements à ce sujet, veuillez consulter le site Web de la Landfill Gas Industry Alliance (<http://www.lfgindustry.org>).

La combustion directe est une solution de rechange aux sites d'enfouissement des déchets solides municipaux. Au Canada, environ six incinérateurs municipaux sont munis d'installations de récupération de l'énergie, qui brûlent 1,2 million de tonnes de déchets solides dont la teneur en énergie primaire est de 12,5 PJ. Certaines produisent de la vapeur qui est vendue à des entreprises avoisinantes. En outre, il est possible de produire de la vapeur et de l'électricité en mode de cogénération. On estime qu'après les pertes dues à la transformation, l'énergie produite par ces installations est de 6,3 PJ.

Au Canada, on a eu tendance à choisir comme méthode d'élimination des déchets l'enfouissement plutôt que la combustion en raison du grand nombre de terrains disponibles. En outre, d'anciens incinérateurs ont soulevé chez le public des préoccupations au sujet des émissions atmosphériques, en partie parce qu'ils n'étaient pas munis de dispositif antipollution. Cependant, cet obstacle ne devrait plus exister, parce que les incinérateurs municipaux modernes sont exploités de façon adéquate, ont un bon rendement et n'émettent que peu d'émissions atmosphériques.

Nous ne savons pas si d'autres installations de récupération de l'énergie seront construites, mais la difficulté de trouver des lieux de décharge nous amènera probablement à envisager cette option. De

nombreuses possibilités à cet égard font l'objet d'une évaluation dans le cadre des nouveaux programmes du gouvernement du Canada liés à ses politiques en matière de changement climatique. Le Programme des fonds municipaux verts, doté d'un budget de plus de 125 millions de dollars, permettra d'effectuer des évaluations et de contribuer aux projets qui aideront les municipalités du Canada à améliorer leurs infrastructures aux fins de la protection de l'environnement. Plusieurs projets porteront sur la récupération de l'énergie provenant des déchets.

Les **déchets végétaux** provenant des grandes plantations de céréales et de graines à canaris situées dans le sud du Manitoba et ayant des surplus de paille sont brûlés sur les fermes. Il a été estimé que le total des déchets agricoles canadiens qui pourraient être utilisés à des fins de production d'énergie contiennent l'équivalent de plusieurs centaines de PJ.

Agriculture et Agroalimentaire Canada reconnaît que les déchets d'animaux (fumier) provenant des gros élevages posent des problèmes d'élimination et produisent environ 3,4 % des émissions de GES du Canada. Le pouvoir calorifique du fumier sec utilisé convenablement se situe entre 14 et 18 gigajoules par tonne, et le total de l'énergie disponible est de 42 PJ/a.

3.3.4 La bioénergie de l'avenir

Comme nous l'avons mentionné plus haut, en raison de son vaste territoire et de ses connaissances dans le domaine de la foresterie et de l'agriculture, le Canada a la possibilité de combler une plus grande partie de ses besoins énergétiques à l'aide de la biomasse renouvelable. Les **plantations de biomasse** représentent des sources d'énergie durable lorsque la croissance et la collecte des plantes sont faites selon les principes du développement durable. Au cours des années 80, quelques plantations expérimentales ont été créées au Canada pour sélectionner et mettre à l'essai des espèces de bois dur et des clones, améliorer la productivité grâce à l'hybridation et assurer la transformation génétique et la fixation de l'azote pour de nombreuses cultures arbustives à rotation courte, notamment les saules et les peupliers. Même si ces plantations ont permis de prouver qu'il est possible de créer des cultures bioénergétiques, aucune vente d'énergie n'a encore eu lieu.

De même, des plantations expérimentales ont été créées et surveillées à des fins de cultures agricoles, par exemple le panic raide et d'autres graminées. Il y a au Canada plus de 20 millions d'hectares qui peuvent être utilisés à des fins de cultures énergétiques. Cependant, il reste à déterminer les possibilités exactes et les ressources de ces plantations. Bien qu'on ait obtenu des résultats impressionnants, il faut maintenant examiner de nombreuses questions technologiques et économiques. Pour avoir un résumé des activités entreprises dans le cadre du programme Énergie de la forêt (ENFOR), veuillez consulter le site Web suivant :

http://www.nrcan-rncan.gc.ca/cfs-scf/science/enfor/index_e.html.

Il est possible d'ajouter à l'essence (jusqu'à un pourcentage maximal de 10 %) l'**éthanol** provenant de la fermentation et de la distillation de plantes agricoles. Cette essence peut ensuite être utilisée dans les moteurs à combustion interne sans qu'il soit nécessaire de les modifier. Il y a actuellement au Canada environ 1 000 stations-service qui offrent de l'essence ayant une teneur en éthanol de 5 à 10 %, selon le détaillant et les exigences provinciales. Il faudra cependant modifier les moteurs classiques pour pouvoir utiliser du carburant ayant une forte teneur en éthanol ou composé uniquement d'éthanol. Certains fabricants d'automobiles nord-américains offrent maintenant des véhicules qui acceptent de l'essence ayant une teneur en éthanol allant jusqu'à 85 %, appelée E85. Cependant, aucune station publique n'offre ce carburant. Ressources naturelles Canada possède l'une des quelques stations privées où l'on trouve de l'essence E85, qu'il utilise pour ses véhicules.

Au Canada, cinq usines situées au Manitoba, en Saskatchewan et en Ontario produisent, à partir du maïs ou du blé, l'éthanol utilisé pour le transport. En se basant sur la capacité de production installée en 1998, on peut estimer la production annuelle d'éthanol à 215 millions de litres. Au Québec, on produit annuellement environ 15 millions de litres d'éthanol à partir des déchets provenant du procédé de fabrication de la pâte. Chaque année, environ 164 millions de litres d'éthanol, représentant une valeur énergétique de 4,1 PJ, sont ajoutés à l'essence.

On planifie actuellement la construction de quelques usines de production d'éthanol en Ontario, dans l'ouest du Canada et au Québec. Si ces projets se concrétisent, la production d'éthanol-carburant augmentera considérablement pour atteindre environ 500 millions de litres au cours des prochaines années. Comme c'est le cas pour les usines actuelles, les nouvelles usines produiraient de l'éthanol à partir de matières premières à base d'amidon telles que le maïs et le blé. La technologie requise pour ce faire a atteint un point de maturité. Cependant, le coût de l'éthanol ne peut concurrencer celui de l'essence. La production d'éthanol est possible en partie grâce aux incitatifs fiscaux offerts par les gouvernements fédéral et provinciaux.

Pour que le prix de l'éthanol concurrence celui de l'essence sans qu'il soit nécessaire de subventionner sa production, on réalise des projets visant à élaborer des technologies qui permettraient de produire de l'éthanol à partir de l'abondante et peu coûteuse biomasse cellulosique, par exemple le bois ou les déchets de cultures agricoles. Le faible coût de cette matière première permettrait de réaliser d'importantes économies. On créerait des « bioraffineries » qui permettraient d'obtenir une vaste gamme de carburants et de produits chimiques grâce à l'utilisation optimale de la matière première. On vise actuellement à produire chaque année, au cours des 10 à 15 prochaines années, de 200 à 400 millions de litres d'éthanol à un coût équivalent à celui de l'essence provenant du pétrole, dont le prix est de 32 \$ le baril (environ 20 \$US le baril).

Pour avoir davantage de renseignements sur la production d'éthanol au Canada, veuillez consulter le site Web de l'Association canadienne des carburants renouvelables (<http://www.greenfuels.org>).

3.4 L'énergie géothermique et les systèmes d'énergie de la Terre (SET)

Dans plusieurs régions du Canada, particulièrement dans les provinces de l'Ouest, la croûte terrestre contient une véritable énergie géothermique. Après une exploration initiale de la possibilité d'utiliser la vapeur provenant de cette ressource pour produire de l'électricité, les activités de recherche se sont arrêtées. Depuis peu, l'expression « géothermique » ou « énergie de la Terre » désigne la technologie utilisée pour climatiser les locaux et chauffer l'eau domestique. Elle contient des canalisations qui permettent de capturer la chaleur provenant du sol ou de l'eau et d'en élever la température à l'aide d'une thermopompe.

Aux fins du chauffage ou de la climatisation d'un bâtiment, une pompe géothermique ou une thermopompe puisant l'énergie dans le sol utilise comme principale source et puits de chaleur la terre ou l'eau qui se trouve sous la surface du sol et qui est chauffée par le soleil. La chaleur naturelle de la terre ou de l'eau est absorbée par un liquide, un fluide caloporteur circulant dans des serpents souterrains et se rendant jusqu'au bâtiment. Une thermopompe permet ensuite d'accroître la température de cette chaleur de façon à ce que la pièce soit confortable. Lorsqu'il faut climatiser, le système fonctionne en sens inverse : la chaleur est transférée à la terre ou à l'eau dont la température est plus basse, puis est transportée de nouveau vers le bâtiment, où elle refroidit les pièces. Grâce aux pompes géothermiques, la terre ou l'eau souterraine est une source de chaleur en hiver et un « puits » qui absorbe la chaleur de l'air intérieur en été. C'est pourquoi les pompes géothermiques sont connues sous le nom de « systèmes d'énergie de la Terre (SET) ».

Les SET sont des appareils de production d'énergie primaire. Bien que de l'énergie électrique soit requise pour faire fonctionner le circuit et la thermopompe, les SET produisent habituellement de trois à quatre unités d'énergie par unité d'intrant énergétique. Il y a environ 30 000 SET résidentiels au Canada. Les ventes annuelles ont atteint un sommet au début des années 90, principalement en raison du programme d'encouragement lancé par Ontario Hydro. À cette période, celui-ci offrait des incitatifs financiers pour l'installation de pompes géothermiques dans des résidences qui n'avaient pas accès au gaz naturel.

Au Canada, la vente des SET représente moins de 1 % du marché total du chauffage, de la ventilation et de la climatisation. Selon une étude sur le développement des marchés réalisée récemment pour l'industrie, de 1 500 à 2 200 appareils sont vendus et installés chaque année. Environ les deux tiers sont destinés au secteur résidentiel, principalement aux nouvelles maisons, et un tiers, aux secteurs commercial et institutionnel. La valeur installée totale de ces appareils est d'environ 10 millions de dollars. Ce sont la Colombie-Britannique, l'Ontario, la Nouvelle-Écosse, le Manitoba et le Québec qui accaparent la plus grande part de ce marché.

Les principaux obstacles à la commercialisation rapide des SET sont d'ordre économique. En effet, leur coût d'immobilisation est plus élevé que celui de systèmes concurrentiels en raison de l'installation d'un circuit souterrain, ce qui peut décourager d'éventuels acheteurs. Cependant, leurs coûts d'exploitation et d'entretien sont nettement plus bas, et ils comportent des avantages en ce qui a trait à leur cycle de vie. Il faut évaluer la rentabilité des SET en les comparant à d'autres méthodes de chauffage et de climatisation. Ils sont particulièrement intéressants dans les régions où le coût du mazout et de l'électricité est élevé.

Il existe d'autres obstacles, notamment une méconnaissance généralisée de la technologie, des coûts transactionnels plus élevés en raison des lacunes dans l'infrastructure de commercialisation, ainsi que la complexité et l'incompatibilité des normes et des procédures d'essai.

Pour avoir davantage de renseignements sur les systèmes d'énergie de la Terre offerts au Canada, ainsi que sur les entreprises membres de la Société canadienne de l'énergie du sol, veuillez consulter le site Web suivant : <http://www.earthenergy.ca/conta.html>

3.5 L'électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne est, parmi les technologies des énergies renouvelables, celle qui connaît la croissance la plus rapide au monde. Elle est presque universellement reconnue comme la technologie la plus prometteuse pour produire de l'électricité propre à court et à moyen termes. Grâce aux progrès techniques, aux innovations en matière de commercialisation et au financement à un faible taux d'intérêt, la capacité est passée d'environ 2 000 MW en 1990 à plus de 20 000 MW en 2001. Actuellement, les ventes annuelles d'éoliennes et d'équipement connexe ont une valeur de plus de 5 milliards de dollars. Les installations récentes visent principalement l'Europe, en raison des prix de l'électricité qui y sont plus élevés et de l'engagement pris à l'égard du Protocole de Kyoto. Au Danemark 12 % de l'approvisionnement national en électricité provient de l'énergie éolienne, et le gouvernement danois exige que cette contribution atteigne 50 % d'ici 2020.

L'intérêt du Canada pour la production d'électricité à l'aide de l'énergie éolienne s'est ranimée à la suite des crises du pétrole des années 70 et 80. Les premières tentatives pour quantifier la ressource matérielle étaient basées sur les données météorologiques existantes; on prévoyait une production d'environ 28 000 MW, qui répondrait à 11 % des besoins en électricité du Canada. Ces estimations étaient basées sur la proximité des éventuels parcs d'éoliennes et des lignes de transport d'énergie existantes. Des études plus récentes sur les ressources locales laissent à penser que ces estimations sont prudentes.

Au Canada, le premier parc commercial d'éoliennes a été créé il y a environ 10 ans à Cowley Ridge, près de Pincher Creek, dans le sud de l'Alberta. La capacité de ce parc a doublé et atteint maintenant plus de 40 MW. Les autres installations du sud de l'Alberta ont une capacité totale de 60 MW. En 1998-1999, un parc d'éoliennes (le Nordais), d'une capacité de 100 MW, a été construit sur la rive sud du fleuve Saint-Laurent, dans la péninsule de Gaspé (Québec). Ce parc compte 134 éoliennes qui ont chacune une capacité de 750 kilowatts. L'électricité produite (environ 300 000 MWh/a) est vendue à Hydro-Québec au prix de 0,058 \$ par KWh en vertu d'un contrat à long terme.

En 2001, on a commandé la construction d'un parc d'éoliennes de 5 MW sur l'Île-du-Prince-Édouard, afin de tirer partie des forts vents du golfe Saint-Laurent. Suncor et Enbridge, deux grosses entreprises de combustibles fossiles de la Saskatchewan, sont en train de terminer la construction, près de Gull Lake, d'un parc d'éoliennes de 11 MW appelé SunBridge. L'électricité produite sera vendue, par l'entremise du service public d'électricité de la Saskatchewan, SaskPower, aux bureaux du gouvernement fédéral situés dans la province. En juin 2001, SaskPower a annoncé la construction d'un deuxième parc d'éoliennes de 5,3 MW, qui approvisionnera en électricité les installations du gouvernement de la Saskatchewan et le siège social de SaskPower. La capacité excédentaire sera offerte aux clients de SaskPower. Ces parcs d'éoliennes devraient accroître la production d'énergie verte au profit de tous les habitants de la Saskatchewan. Le deuxième parc d'éoliennes devrait être opérationnel en août 2002. Un programme d'énergie verte similaire a été lancé à l'Île-du-Prince-Édouard (au début de 2002) et vise plus de 200 clients.

Plusieurs autres éoliennes individuelles ont été récemment installées au Canada, souvent dans le but d'explorer la pertinence du site pour la création d'un parc d'éoliennes, faisant grimper la capacité installée totale à environ 200 MW et la production annuelle d'énergie prévue à plus de 500 GWh.

Jusqu'à maintenant, le caractère incertain du marché de l'énergie éolienne a nui à l'établissement de grosses entreprises canadiennes de fabrication d'éoliennes. Néanmoins, l'industrie éolienne canadienne compte actuellement environ 50 entreprises, emploie quelque 300 travailleurs et génère des ventes annuelles d'une valeur approximative de 18 millions de dollars. Comme la capacité en matière d'énergie éolienne s'accroît, la valeur de ces ventes augmentera rapidement. La fabrication de petites éoliennes et de composants importants d'éoliennes servant les services publics, notamment les tours et les pales en fibre de verre, ainsi que la réalisation sur place de tous les travaux de génie civil et électrique sont assurés par des entreprises canadiennes. Grâce aux nouvelles initiatives annoncées par le gouvernement du Canada il y a quelques mois, l'industrie canadienne de l'énergie éolienne envisage l'avenir avec optimisme.

Au Canada, bien que les sources d'électricité traditionnelles, abondantes et peu coûteuses, continueront d'influer sur l'expansion du secteur de l'énergie éolienne, cette option devrait prendre de l'importance en raison des préoccupations publiques et politiques grandissantes à l'égard de l'environnement et de l'engagement pris à plusieurs reprises par le gouvernement du Canada de réaliser les objectifs du Protocole de Kyoto. Les avantages industriels et sociaux que comportent les sources indigènes d'énergie durable constituent des arguments supplémentaires en faveur de l'expansion du secteur de l'énergie éolienne. En 2001, l'Association canadienne de l'énergie éolienne a publié un plan proposant l'installation, d'ici 2010, d'une capacité de 10 000 MW en vue de produire de l'électricité à l'aide de l'énergie éolienne. Dans son dernier budget, le gouvernement fédéral a réservé un montant de 260 millions de dollars sur 15 ans pour encourager cette production. Il est en train de finaliser le programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne. Par ailleurs, il devrait offrir, au cours des cinq prochaines années, une aide financière pour l'installation d'une nouvelle capacité de 1 000 MW en matière d'énergie éolienne.

En outre, le gouvernement fédéral et certains gouvernements provinciaux se sont engagés à répondre à une certaine partie de leurs besoins en matière d'énergie en achetant de l'électricité produite à l'aide de ressources durables. Malgré le bouleversement amené par la déréglementation, plusieurs services publics provinciaux ont manifesté de l'intérêt pour l'énergie éolienne. Les acheteurs au détail pourraient se voir offrir cette option d'approvisionnement, soit à la suite de la déréglementation dans certaines provinces, soit à la suite d'une décision prise par un service public. Ainsi, depuis l'automne 1998, Enmax, le service public d'électricité de la ville de Calgary, offre, à un tarif précis, de l'énergie éolienne à ses clients du secteur résidentiel. Hydro-Québec s'intéresse également à cette option : dans son récent plan stratégique (octobre 2001), il annonçait que l'achat d'électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne pourrait atteindre 50 MW par année d'ici 2004 ou 2005. Le prix prévu de cette électricité est de 0,05 \$ à 0,06 \$ par kWh. Parallèlement à ces initiatives, le gouvernement du Québec, dans son budget de novembre 2001, annonçait qu'il accorderait une aide supplémentaire aux projets de construction de parcs d'éoliennes lancés par le secteur privé et favorisant la création d'emplois.

En plus des éoliennes connectées au réseau de distribution principal, il existe un marché pour de plus petites éoliennes (dont la capacité est inférieure à 1 MW) destinées aux centrales de production d'électricité alimentées par un système hybride diesel-éolien et situées dans de petites collectivités qui ne sont pas servies par les principaux réseaux d'électricité. Ces éoliennes nécessitent une attention spéciale en raison des conditions climatiques difficiles du Nord, ainsi que des procédures d'installation et d'entretien qui sont compatibles avec l'équipement et les compétences disponibles dans ces régions. Bien qu'ils soient importants parce qu'ils génèrent une activité industrielle et réduisent la pollution dans les régions éloignées, ces systèmes ne contribuent pas de façon significative à l'approvisionnement énergétique régional ou national.

Enfin, il existe un marché de petites éoliennes autonomes destinées aux chalets, aux stations de relais,

aux phares de navigation et à d'autres applications similaires.

En raison du grand intérêt public, de leur rentabilité accrue et des programmes d'encouragement du gouvernement, l'installation d'éoliennes au Canada devrait s'accélérer. Pour avoir davantage de renseignements sur les activités entreprises au Canada dans le domaine de l'énergie éolienne, ainsi qu'une liste des entreprises membres de l'Association canadienne de l'énergie éolienne, veuillez consulter le site Web suivant : www.canwea.ca

3.6 L'énergie mécanique produite à l'aide de l'énergie éolienne

En plus de servir à produire de l'électricité, l'énergie éolienne est utilisée au Canada pour produire de l'énergie mécanique. L'application la plus répandue est le pompage de l'eau souterraine, qui est ensuite conservée à la surface dans un bassin où peut s'abreuver le bétail. Il existe plusieurs milliers d'éoliennes de pompage, installées principalement dans les Prairies. On peut aussi utiliser les éoliennes pour aérer les étangs et les lacs.

3.7 L'énergie solaire

Contrairement à la croyance populaire, la ressource solaire au Canada est en général très bonne et se compare favorablement à celle d'autres régions du monde, partiellement en raison de son ciel clair. Il existe plusieurs technologies qui exploitent l'énergie solaire à des fins particulières, notamment l'énergie solaire active et passive servant au chauffage de l'eau et des locaux, ainsi que l'énergie photovoltaïque servant à produire de l'électricité. Pour avoir davantage de renseignements sur cette industrie, veuillez consulter le site Web de l'Association des industries solaires du Canada (www.cansia.ca).

3.7.1 L'énergie solaire active

Les technologies solaires qui fournissent de la chaleur et de l'eau chaude aux secteurs résidentiel, commercial et industriel sont utilisées depuis longtemps à des fins commerciales. Plusieurs millions de chauffe-eau solaire ont été installés dans le monde entier. Les États-Unis, le Japon, Israël et l'Australie ont pendant longtemps détenu la part la plus importante du marché de l'énergie thermosolaire. Récemment, ce marché a connu une croissance importante en Europe et en Asie. Ainsi, le marché annuel combiné de l'Allemagne et de l'Autriche correspond à plus de 500 000 mètres carrés (m²) de capteurs thermosolaires, et plus d'un million de m² de capteurs thermosolaires sont installés chaque année en Chine.

Au Canada, les technologies solaires actives les plus rentables sont celles qui sont utilisées pour le chauffage à basse température, par exemple le chauffage de l'eau domestique, de l'eau de la piscine et de l'air de ventilation dans les bâtiments commerciaux et industriels. On estime que 606 000 m² de capteurs thermosolaires sont actuellement utilisés au Canada, dont 493 000 m² pour le chauffage des piscines résidentielles, 72 000 m² pour le chauffage de l'eau domestique et 41 000 m² pour le chauffage de l'air de ventilation dans les bâtiments commerciaux et industriels. On a aussi installé quelques chauffe-eau solaires commerciaux. La production d'énergie provenant de systèmes solaires actifs est estimée à 1,1 PJ par année. À la suite de l'effondrement des prix du pétrole et du gaz naturel au milieu des années 80 et de la suppression des programmes gouvernementaux visant à remplacer le pétrole, la vente de nouveaux systèmes a considérablement ralenti. Elle devrait maintenant s'intensifier en raison du grand intérêt public pour les systèmes solaires actifs, de leur rentabilité accrue et des programmes d'encouragement du gouvernement. Actuellement, on installe chaque année quelques centaines de nouveaux systèmes, représentant des ventes d'une valeur de 2 à 3 millions de dollars.

Il existe au Canada d'immenses possibilités techniques pour l'installation de systèmes solaires actifs. Selon des études effectuées au cours des dernières années, le marché des systèmes solaires servant au chauffage de l'eau domestique, de l'eau des piscines et de l'air de ventilation pourrait correspondre à une capacité installée de 135 PJ. Compte tenu d'un taux réaliste de pénétration du marché d'environ 10 % ainsi que des coûts actuels et prévus du chauffage solaire, on a estimé que le marché correspondrait à une capacité installée de plus de 9 PJ.

L'intérêt des investisseurs du secteur privé, des services publics et des fournisseurs de services énergétiques pour les chauffe-eau solaires s'est récemment ranimé. Actuellement, au Canada, le chauffage de l'eau domestique accapare environ 20 % de l'énergie utilisée dans le secteur résidentiel et produit environ 15 mégatonnes d'émissions de CO₂ par année, ce qui donne une moyenne de deux tonnes de CO₂ par chauffe-eau. Les chauffe-eau solaires peuvent contribuer considérablement à la réduction des émissions de CO₂, puisque chaque système réduit de 40 à 50 % la consommation d'énergie classique. Environ 12 000 chauffe-eau solaires sont actuellement utilisés au Canada, représentant moins de 1 % du marché. Le taux de pénétration du marché a été faible jusqu'à maintenant, principalement en raison des coûts élevés. Les nouveaux chauffe-eau solaires à débit réduit dont la commercialisation est prévue pour 2002 devraient avoir un effet important sur le marché. À l'aide des ressources fournies par le Fonds d'action pour le changement climatique (FACC), les services publics devraient installer, au cours des 10 à 15 prochaines années, environ 100 000 chauffe-eau solaires qui leur permettront de vendre l'énergie au prix compétitif d'environ 0,05 \$ par kWh, rivalisant avec les prix de l'électricité et du gaz naturel.

Les systèmes solaires permettant de chauffer l'eau des piscines devraient aussi accroître leur part du marché. Plus de 600 000 foyers canadiens – environ 10 % du total des immeubles bas – sont équipés d'une piscine extérieure, dont environ un tiers sont chauffées. Actuellement, les appareils de chauffage solaires, au nombre de 20 000, occupent environ 10 % du marché. Le principal obstacle à l'augmentation de cette part du marché a été la méconnaissance des coûts et des avantages du chauffage solaire. Selon des études réalisées récemment au Canada, les chauffe-eau solaires pourraient donner aux propriétaires de piscine le rendement voulu, selon un délai de récupération de deux à quatre ans. En outre, les systèmes solaires pourraient accaparer à long terme de 40 à 50 % du marché des chauffe-piscines. Les essais de promotion effectués en 2001 à trois endroits au Canada confirment cette hypothèse.

La technologie solaire servant à chauffer l'eau utilisée dans les piscicultures et dans les lave-autos devrait aussi accroître sa part du marché au Canada. Il existe dans ce pays environ 1 500 installations de lave-auto qui consomment au total 17 millions de m³ d'eau chaude par année (>2 PJ/a). Les installations de lavage sans frottement gagnent en popularité, mais comparativement aux installations classiques de lavage avec frottement, elles utilisent deux fois plus d'eau chaude (le lavage et rinçage à l'eau chaude). Selon des études, la période de récupération des systèmes de chauffage solaires destinés aux lave-autos va de cinq à sept ans. En 2002, un projet pilote de démonstration du chauffage solaire sera mis en œuvre à l'un des plus importants lave-autos du Canada exploité par Sunoco.

L'une des applications les plus rentables des systèmes solaires actifs, outre le chauffage de l'eau, est le chauffage de l'air de ventilation ou de l'air d'appoint dans les bâtiments industriels. La technologie Solarwall^{MD} de la société Conserval Engineering Inc. continue d'avoir beaucoup de succès sur les marchés nationaux et internationaux. Il s'agit de feuilles de métal perforées et non vitrifiées qui absorbent très efficacement la chaleur du soleil. Elles sont installées à la verticale sur la façade sud des bâtiments comme un revêtement mural classique. Cette technologie peut combler jusqu'à un tiers des besoins annuels liés au chauffage de l'air d'appoint et s'adapte facilement aux bureaux, aux appartements, aux entrepôts et aux usines de fabrication. Ford, General Motors, Canadair, Bombardier et Fedex ont notamment adopté cette technologie dont les ventes annuelles, même si elles ont augmenté depuis son lancement sur le marché au début des années 90, n'atteignent pas encore 1 million de dollars. La superficie totale des systèmes Solarwall^{MD} installés au Canada est d'environ 41 000 m², ce qui représente une production énergétique annuelle de quelque 0,1 PJ. En 1993, le marché canadien de ces systèmes était estimé à presque 4 PJ, ce qui correspond à une superficie beaucoup plus grande qu'un million de m².

En outre, on envisage de lancer la technologie Solarwall^{MD} sur les marchés internationaux, afin qu'elle soit utilisée pour le séchage commercial. Dans le cadre du Fonds d'action pour le changement climatique du Canada, un important projet pilote a été mis en œuvre en Amérique centrale, en Inde et en Chine en vue de montrer qu'il est possible d'utiliser cette technologie pour le séchage de certaines

cultures, notamment le café, les fruits et les épices.

On est en train d'élaborer au Canada des systèmes solaires de climatisation hydrosopique destinés aux installations commerciales où il faut réguler le degré d'humidité, ainsi que des systèmes solaires de détoxification basés sur des technologies d'oxydation de pointe ayant recours au rayonnement ultraviolet et à la photocatalyse pour traiter les contaminants organiques qui se trouvent dans les eaux usées polluées.

L'industrie canadienne de l'énergie solaire active est composée de quelque 20 entreprises qui fabriquent les capteurs et les systèmes, ainsi que d'environ 24 détaillants et installateurs. Actuellement, il y a moins d'emplois qu'au milieu des années 80 (à peine une centaine), parce que les importants programmes de démonstration ont pris fin et que les prix des combustibles fossiles ont chuté. Les affaires reprennent maintenant grâce au regain d'intérêt du public et des investisseurs privés, ainsi qu'à l'aide donnée par le gouvernement aux fins des activités de commercialisation. Il semble que l'industrie ait réussi à traverser la difficile période d'adaptation des années 80 et qu'elle soit maintenant bien placée pour croître de façon durable en offrant des produits rentables sur certains marchés favorables. Pour stimuler la demande, Ressources naturelles Canada a mis en œuvre le Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER), afin d'inciter les entreprises commerciales et les installations du gouvernement fédéral à utiliser des systèmes solaires actifs pour le chauffage. Un remboursement de 25 % est accordé pour les systèmes admissibles. Des renseignements supplémentaires sur ce programme sont présentés plus loin.

3.7.2 L'énergie solaire passive

Les technologies solaires passives englobent la conception des bâtiments et l'utilisation de composants spéciaux pour le chauffage, l'éclairage diurne et l'ombrage. L'expérience a démontré qu'au Canada, les fenêtres sont les composants les plus importants d'un bâtiment en ce qui a trait à l'énergie solaire passive. De fait, les fenêtres performantes peuvent fournir de l'énergie nette et avoir un meilleur rendement énergétique annuel net que les murs les plus isothermes. Le marché canadien des fenêtres à haut rendement énergétique destinées aux secteurs résidentiel et commercial s'accroît. Environ 40 % de ces fenêtres à haut rendement énergétique sont munies de verre à faible émissivité. Comme l'énergie solaire passive est habituellement considérée au Canada comme une question liée à l'efficacité énergétique, elle n'est pas décrite en détail dans le présent document.

Pour avoir davantage de renseignements sur la conception de bâtiments solaires passifs, veuillez consulter le site Web du Groupe du bâtiment de CANMET, Ressources naturelles Canada (http://buildingsgroup.nrcan.gc.ca/pub_e.html#Passive).

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (www.cmhc.ca) s'intéresse aussi à la conception

de bâtiments solaires passifs.

3.7.3 L'énergie photovoltaïque solaire

Les systèmes photovoltaïques (PV) sont munis de matériaux semi-conducteurs qui convertissent la lumière du soleil en électricité. Ces systèmes peuvent être branchés ou non au réseau. Selon les rapports de l'AIE, le marché mondial des systèmes PV s'est développé à un taux moyen annuel de 20 % sur cinq ans et représente une capacité installée de plus de 1,3 GW. Dans les pays membres de l'OCDE, environ 60 % des systèmes PV sont branchés au réseau. Le total des ventes annuelles est largement supérieur à 3 milliards de dollars.

En 2000, la capacité installée des systèmes PV au Canada était d'environ 7,2 MW, et leur production annuelle estimée, de 7,2 GWh d'électricité, c'est-à-dire le double de leur capacité et de leur production d'il y a trois ans. La plus grande partie de cette capacité provient de systèmes PV hors réseau dont le prix concurrence celui du prolongement du réseau ou de l'utilisation d'un système énergétique autonome classique. Les systèmes PV sont utilisés aux fins suivantes : énergie électrique pour les systèmes de télécommunications; surveillance et contrôle à distance; résidences isolées; systèmes de la garde côtière; et signalisation routière.

Bien que le coût des systèmes PV ait diminué considérablement au cours des deux dernières décennies, il ne concurrence pas encore celui de l'électricité fournie par un service public. Le principal défi que doit relever l'industrie est de réduire les coûts grâce aux progrès technologiques et à l'automatisation de la fabrication.

Tableau 4

Capacité installée des systèmes PV au Canada (MW)	
1992	0,960
1993	1,240
1994	1,510
1995	1,860
1996	2,560
1997	3,380
1998	4,470
1999	5,826
2000	7,154
2001	8,5 (estimation)

L'industrie photovoltaïque canadienne connaît une croissance constante depuis quelques années et sert les marchés nationaux et les marchés d'exportation. En 2000, on comptait plus de 150 entreprises actives au Canada, dont la plupart sont des vendeurs et des installateurs. Une douzaine d'entreprises se consacrent à la fabrication. En 2000, les revenus de l'industrie ont atteint 40 millions de dollars. Grâce à un effectif de 250 travailleurs, elle a installé au Canada une capacité additionnelle de production d'énergie photovoltaïque de 1,3 MW et a exporté l'équivalent de 0,2 MW. Depuis six ans, les ventes nationales d'énergie photovoltaïque augmentent à un taux annuel de 25 à 30 %. Comme le prix des systèmes PV continue de diminuer, la croissance devrait se maintenir au cours des prochaines années, puisqu'on accentuera la pénétration sur les marchés actuels et qu'on créera de nouveaux marchés.

On s'intéresse non seulement au marché rentable des petits systèmes hors réseau, mais aussi au marché des systèmes PV branchés au réseau et utilisés dans les bâtiments. En raison de la réduction phénoménale (d'un facteur de 5) du coût de la technologie PV au cours des 20 dernières années et du grand intérêt que manifeste le public pour l'énergie solaire, de nombreux Canadiens considèrent l'électricité produite à l'aide de cette énergie comme une option viable en ce qui a trait à la décentralisation de l'approvisionnement énergétique. Les gouvernements appuient de plus en plus les projets de démonstration visant à sensibiliser les Canadiens à cette source d'énergie durable et propre, ainsi qu'à aider l'industrie locale à acquérir une précieuse expérience de l'utilisation des systèmes photovoltaïques dans les bâtiments. Chaque KW de capacité installée permettra de supprimer, au cours du cycle de vie d'un système PV, 1,6 tonne de CO_{2e} provenant du charbon, 1,3 tonne de CO_{2e} provenant du diesel et 0,73 tonne de CO_{2e} provenant des centrales de production alimentées au gaz naturel. Les efforts déployés actuellement pour promouvoir l'installation, d'ici 2010, d'une capacité de 30 MW dans les bâtiments actuels pourraient solidifier davantage l'industrie canadienne de l'énergie photovoltaïque.

L'Association des industries solaires du Canada représente l'industrie de l'énergie photovoltaïque. Son site Web (www.cansia.ca) présente des renseignements sur les entreprises membres.

4. Un aperçu de l'avenir – Les obstacles et les facteurs politiques

Selon *Perspectives énergétique du Canada* publié par Ressources naturelles Canada en 1997 et le document *Perspectives des émissions du Canada : une mise à jour* (1999), la production d'énergie renouvelable continuera à croître au Canada. En supposant que les prix de l'énergie demeureront relativement stables et que la croissance du PIB sera de 2,3 % par année de 2000 à 2010, la production d'hydroélectricité devrait augmenter à 382 650 GWh par année, c'est-à-dire de 11 %. Dans les mêmes conditions, elle devrait augmenter à 397 740 GWh par année d'ici 2020, ce qui représente une augmentation globale d'environ 15 % par rapport à l'an 2000. L'utilisation d'autres énergies renouvelables, particulièrement la biomasse et l'énergie éolienne, devrait également s'accroître, mais les prévisions ne sont pas sûres. Malgré ces augmentations, la contribution de l'énergie renouvelable à la production totale d'énergie primaire au Canada devrait demeurer relativement stable en raison de l'augmentation parallèle de la consommation d'énergie classique, principalement le gaz naturel. Ces prévisions ont été élaborées selon un scénario de maintien du statu quo, ainsi qu'en fonction des conditions du marché et des politiques gouvernementales existantes et ne tiennent pas compte des engagements pris en vertu du Protocole de Kyoto de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Au moment de la rédaction du rapport, il se tenait encore, à tous les paliers, d'intenses discussions sur la ratification du Protocole de Kyoto. On peut néanmoins affirmer que les Canadiens considèrent toutes les énergies renouvelables comme des solutions valables pour atteindre les objectifs liés à la réduction des émissions. L'efficacité énergétique et la production d'électricité à l'aide de sources énergétiques autres que les d'hydrocarbures (hydroélectricité, énergie éolienne) semblent être des options prometteuses, tant sur le plan de la réduction du CO₂ que du coût marginal de cette réduction. L'énergie thermique supplémentaire requise pourrait être fournie par les déchets de l'industrie forestière, les déchets, l'énergie solaire et l'énergie de la Terre.

Au Canada, certains prétendent qu'en plus de contribuer à lutter contre le changement climatique, la mise en œuvre généralisée des technologies des énergies renouvelables sera avantageuse à long terme pour l'économie. On mentionne souvent qu'un grand nombre des nouvelles technologies et des nouveaux produits créeront des emplois locaux et apporteront d'autres avantages sociaux. Le fait d'acquérir de solides compétences dans certains domaines peut favoriser l'exportation de biens et de services. Le Canada participe déjà à de nombreux forums internationaux visant la mise en valeur et la commercialisation des énergies renouvelables. Des renseignements supplémentaires sur la collaboration internationale sont présentés plus loin.

La plupart des technologies des énergies renouvelables sont fiables et ont un bon rendement, tant au Canada qu'ailleurs dans le monde. De plus, en tenant compte de leur cycle de vie, elles sont considérées comme rentables sur un grand nombre de marchés. Néanmoins, plusieurs obstacles et problèmes nuisent à leur lancement sur de plus gros marchés énergétiques. Voici certains de ces obstacles :

- Les clients éventuels ont peu de connaissance et d'expérience des technologies des énergies renouvelables. Ils accordent habituellement la préférence à des options commerciales qui ont fait leurs preuves, qui ne semblent pas comporter de risque et qui sont abordables.
- Les mauvaises expériences qu'ont connu certaines personnes avec les premières technologies des énergies renouvelables peuvent avoir terni leur réputation. Ainsi, les problèmes de fiabilité ont nui aux technologies de la première génération lancées à la fin des années 70 et au début des années 80. Dans d'autres cas, les économies financières promises ne se sont pas concrétisées en raison de la chute des prix du pétrole et du gaz naturel au milieu des années 80.
- Les coûts d'achat et d'installation de certaines technologies des énergies renouvelables sont plus élevés que ceux des technologies classiques. Lorsque les budgets de construction sont établis à l'avance, le fait d'accroître le coût du système de chauffage, par exemple, nécessite de réduire les coûts ailleurs. Si le propriétaire ne prévoit pas payer les futurs coûts d'exploitation d'un bâtiment, il n'est pas motivé à en réduire au minimum le coût du cycle de vie.
- Jusqu'à maintenant, on n'a pas tenu compte des avantages environnementaux des technologies des énergies renouvelables dans la prise de décision.
- Les faibles prix de l'énergie qui ont cours depuis longtemps au Canada donnent un sentiment de confiance aux utilisateurs finaux, qui sont peu enclins à délaisser les combustibles classiques en vue de se protéger contre d'éventuelles augmentations de prix.
- Les règlements actuels sur la sûreté ou les retombées environnementales nuisent souvent à la mise en œuvre de nouvelles technologies, car ils sont basés sur le rendement d'anciennes technologies qui ont peu de points communs avec les nouvelles solutions propres et sûres qui sont proposées. Les intervenants du secteur des énergies renouvelables tentent de supprimer ces obstacles en organisant des séminaires et des cours et en élaborant des normes et des procédures d'essai.
- Enfin, l'absence d'une infrastructure pertinente englobant des compétences, des mécanismes de distribution commerciaux et des services constitue un obstacle important à la commercialisation des technologies des énergies renouvelables.

5. Les programmes à l'appui des énergies renouvelables

Divers paliers de gouvernement appuient l'élaboration et la commercialisation des technologies des énergies renouvelables pour donner suite aux objectifs stratégiques susmentionnés. Ils le font la plupart du temps à l'aide d'incitatifs financiers (habituellement en partageant ou en assumant les coûts d'un projet de recherche, de développement et de démonstration) ou d'une autre forme d'aide qui permet de supprimer les obstacles. Le montant de l'incitatif est habituellement minime et ne vise qu'à aider le promoteur à aller de l'avant avec son projet. Dans certains cas, les fonds publics doivent être remboursés.

Les programmes qui appuient les énergies renouvelables sont présentés dans le site Web du Réseau canadien des énergies renouvelables (ResCER) (http://www.canren.gc.ca/default_fr.asp).

5.1 Les programmes et les budgets de R-D

Il existe depuis 25 ans des programmes d'aide à la recherche-développement sur les énergies renouvelables. Le principal organisme de financement en cette matière est Ressources naturelles Canada, qui a recours pour ce faire au Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE). Au milieu des années 80, la période de pointe en ce qui a trait aux dépenses de R-D énergétique, le total des fonds fédéraux accordés aux énergies renouvelables se chiffrait à plus de 40 millions de dollars par année. Il est actuellement de 15 millions de dollars par année. Le tableau 5 présente les fonds attribués selon les sources d'énergie.

Le principal mécanisme à l'appui de la R-D énergétique est le Programme des techniques d'énergies renouvelables (PTER), qui aide l'industrie canadienne à élaborer et à commercialiser les technologies de pointe dans des domaines tels que l'énergie solaire active, l'énergie éolienne, la bioénergie et les petites centrales hydroélectriques, qui représentent des solutions de remplacement rentables et écologiques à la production d'énergie classique. Le financement accordé dans le cadre de ce programme est remboursable. Vous trouverez davantage de renseignements à ce sujet, ainsi que des liens connexes à l'adresse Web suivante :

http://www.nrcan.gc.ca/es/etb/cetc/cetc01/htmldocs/funding_programs_retp_f.html

Tableau 5

Aide accordée par le gouvernement du Canada à la recherche-développement sur les énergies renouvelables (en millions \$CAN)			
Activités	Année		
	1990	1995	1999
Total pour l'énergie solaire	4,2	4,7	4,8
Chauffage et climatisation solaires	2,7	2,7	1,7
Énergie photoélectrique	1,5	2,0	2,9
Énergie thermoélectrique	0	0	0,2
Énergie éolienne	1,4	1,5	2,2
Énergie tirée des océans	0	0	0,1
Biomasse	6,7	7,7	6,0
Énergie géothermique	0,2	0,1	0,1
Total pour l'énergie hydroélectrique	7	11	2,0
Grosses centrales (capacité de 10 MW et plus)	0	0,1	0,2
Petites centrales (capacité de moins de 10 MW)	7	1,0	1,8
Total pour les énergies renouvelables	13,2	15,1	1,52

Les fonds susmentionnés sont utilisés dans les laboratoires des gouvernements fédéral et provinciaux, dans les laboratoires du secteur privé ou dans les laboratoires des universités où l'on effectue de la R-D.

Dans le contexte de ses initiatives liées au changement climatique, le gouvernement fédéral a lancé un certain nombre de programmes à l'appui de l'élaboration et de la démonstration des technologies des énergies renouvelables. Le principal programme d'appui à la R-D associé au Fonds d'action pour le changement climatique est le programme des Mesures d'action précoce en matière de technologie (TEAM). Ce programme finance les projets technologiques qui peuvent réduire les émissions de GES, à l'échelle nationale ou internationale, tout en favorisant le développement économique et social et vise à accélérer la démonstration et la commercialisation des nouvelles technologies. Les projets proposés doivent être parrainés et cofinancés par un autre programme gouvernemental de R-D, par exemple le PTER dont il a été question ci-dessus.

L'annexe B présente des exemples de projets réalisés dans le cadre de ce programme et de

programmes connexes.

Pour avoir des renseignements supplémentaires sur les programmes liés au changement climatique, veuillez consulter le site Web suivant : <http://www.climatechange.gc.ca/french/index.shtml>

Le Programme d'aide à la recherche industrielle (PARI) est un programme général d'élaboration des technologies géré par le Conseil national de recherches du Canada. Il vise à aider les petites et moyennes entreprises à perfectionner leurs technologies. Pour avoir des renseignements supplémentaires sur ce programme, veuillez consulter le site Web suivant : <http://www.nrc.ca/irap/aboutus.html#mandate>

Il existe un autre programme général de développement technologique qui finance aussi les projets portant sur les énergies renouvelables : Partenariat technologique Canada (PTC), géré par Industrie Canada. Son objectif est de financer l'élaboration des technologies qui permettent d'améliorer les procédés industriels, et particulièrement les solutions de remplacement qui visent à protéger l'environnement et à favoriser le développement durable. Pour avoir des renseignements supplémentaires sur ce programme, veuillez consulter le site Web suivant : <http://strategis.ic.gc.ca/SSG/tp00170e.html>

5.2 Les programmes de commercialisation

La Division de l'électricité et des énergies renouvelables de Ressources naturelles Canada est chargée de promouvoir la commercialisation des technologies des énergies renouvelables. Elle gère un certain nombre de programmes gouvernementaux, notamment le Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER), des programmes connexes favorisant l'achat d'énergie verte et le développement des marchés, ainsi que le Programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne. Voici une brève description de ces programmes.

Programme de renforcement des compétences en énergies renouvelables

Une bonne façon d'encourager le recours aux nouvelles sources d'énergie renouvelable rentables est de fournir aux décideurs des renseignements techniques et des services connexes. On a élaboré dans le cadre de ce programme un logiciel d'analyse des projets portant sur les énergies renouvelables, qui est facile à utiliser et qui s'appelle RETScreen. Cet outil, qui est devenu une norme internationale, aide les planificateurs et les décideurs à examiner les projets qui portent sur les énergies renouvelables dès l'étape cruciale de la planification. Pour avoir des renseignements supplémentaires sur le logiciel RETScreen, veuillez consulter le site Web suivant : <http://www.retscreen.gc.ca>.

Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables

Le Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER), doté d'un budget de 24 millions de dollars sur six ans, vise à stimuler la demande du marché pour des systèmes énergie renouvelable fiables et rentables, destinés à la climatisation et au chauffage. Dans le cadre de ce programme, les entreprises et les institutions ont droit à un incitatif si elles installent un système admissible, notamment un chauffe-eau solaire, un système de chauffage solaire ou un système de combustion de la biomasse à haut rendement. L'incitatif, dont le plafond est établi à 80 000 \$, permet de payer 25 % des coûts d'achat et d'installation.

Dans le Plan d'action 2000 sur le changement climatique, Ressources naturelles Canada a annoncé un incitatif financier accordé au secteur industriel pour l'installation de nouveaux systèmes d'énergie renouvelable. Cette mesure représente un investissement de 2 millions de dollars sur cinq ans (d'ici la fin de mars 2006). Le plafond de cet incitatif est le même que celui qui a été établi pour PENSER.

Programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne

Ce programme d'encouragement, d'une valeur de 260 millions de dollars et d'une durée de 15 ans, appuiera l'installation d'une capacité en énergie éolienne de 1 000 MW au cours des cinq prochaines années. Les consultations ciblées ont commencé, et les renseignements détaillés, notamment les critères d'admissibilité, devraient être annoncés au printemps 2002. L'incitatif sera accordé pour les 10 premières années de production et constituera une source de financement stable à long terme. Il favorisera les investissements dans les projets d'énergie éolienne réalisés dans toutes les régions du Canada en vue de contribuer à la lutte contre le changement climatique et à améliorer la qualité de l'air. Les gouvernements provinciaux et territoriaux sont invités à fournir des fonds supplémentaires aux fins de ces projets.

Achats gouvernementaux d'électricité produite à l'aide des énergies renouvelables

Ressources naturelles Canada et Environnement Canada achètent de l'électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne pour alimenter leurs installations situées en Alberta, ce qui permet de réduire les émissions annuelles de GES d'environ 11 kilotonnes. Au nom du gouvernement du Canada, Ressources naturelles Canada achète de l'électricité produite à l'aide de l'énergie éolienne en Saskatchewan et à l'Île-du-Prince-Édouard, ce qui permet de réduire les émissions annuelles de GES d'environ 40 kilotonnes.

Dans le Plan d'action 2000 sur le changement climatique, le gouvernement du Canada s'est engagé à acheter, pour combler 20 % de ses besoins, de l'électricité produite à l'aide des énergies renouvelables qui libèrent peu ou pas d'émissions. Ce programme quinquennal de 30 millions de dollars aidera le gouvernement du Canada à réduire ses émissions de GES d'environ 235 kilotonnes par année.

Ressources naturelles Canada travaille en partenariat avec Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) et Environnement Canada. En tant que ministère responsable, TPSGC négocie et signe les conventions d'achat. Ressources naturelles Canada fournit des capacités liées à la politique sur les énergies renouvelables, au développement du marché, à l'analyse des programmes et à l'évaluation. Environnement Canada fournit des conseils sur les questions environnementales et de l'aide pour analyser les programmes.

Programme de stimulation du marché

Le gouvernement du Canada accordera un incitatif financier limité aux vendeurs d'électricité au détail afin de stimuler la vente de l'électricité produite à l'aide des nouvelles technologies des énergies renouvelables (les énergies « vertes »). Il n'a pas encore annoncé les renseignements détaillés sur ce programme de 25 millions de dollars qui s'inscrit dans le Plan d'action 2000 sur le changement climatique. Il tiendra des consultations avant de le finaliser. D'ici 2010, ce programme pourrait permettre au marché de l'énergie verte de réduire les émissions de GES de 1 700 kilotonnes par année.

Ressources naturelles Canada diffusera de l'information sur le marché de l'énergie verte, évaluera les propositions, négociera les ententes, attribuera les fonds, fera des comptes rendus sur le rendement et l'efficacité du programme, et effectuera des analyses et des évaluations. Environnement Canada élaborera des politiques environnementales avec Ressources naturelles Canada, d'autres ministères fédéraux, les gouvernements provinciaux et les intervenants. En outre, il analysera les avantages environnementaux des propositions.

Pour avoir des renseignements supplémentaires sur ces programmes et des programmes connexes, veuillez consulter le site Web suivant : <http://www.nrcan.gc.ca>.

En plus des incitatifs susmentionnés, certains équipements qui permettent de produire de l'électricité à l'aide des énergies renouvelables sont admissibles à une déduction pour amortissement accéléré en vertu du régime fiscal. Ainsi, en vertu de la catégorie 43.1 aux fins de la déduction pour amortissement de la *Loi de l'impôt sur le revenu*, il est possible d'obtenir une déduction pour amortissement accéléré de 30 % par année pour la valeur résiduelle de certains investissements liés aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique. De plus, en vertu des Frais liés aux énergies renouvelables et aux économies d'énergie au Canada (FEREEC), il est possible, dans certains nouveaux projets, de transférer les coûts d'immobilisations aux investisseurs à l'aide des actions accréditatives. Le document intitulé *Catégorie 43.1 – Guide technique*, publié par Ressources naturelles Canada, donne des renseignements détaillés sur ces mesures incitatives qui visent notamment l'énergie éolienne, les petites centrales hydroélectriques, l'énergie solaire et d'autres sources énergétiques qui permettent de produire de l'électricité. De même, on a éliminé la taxe d'assise imposée sur l'éthanol contenu dans l'essence.

Dans le contexte du Plan d'action sur le changement climatique et des mesures budgétaires subséquentes, le gouvernement du Canada a annoncé plusieurs initiatives visant à aider les projets de développement durable entrepris dans certains secteurs. Les projets de commercialisation des énergies renouvelables sont admissibles à ces fonds. Voici certains de leurs éléments clés :

- l'éducation et l'information du public;
- technologies de développement;
- le Fonds d'habilitation municipale vert – Fédération canadienne des municipalités (FCM);
- le Fonds d'investissement municipal vert – FCM.

Un *Recueil des mesures canadiennes* liées au changement climatique a été élaboré au cours d'une réunion mixte des ministres de l'Énergie et de l'Environnement. Pour avoir des renseignements supplémentaires à ce sujet, veuillez consulter le site Web suivant :
http://www.nccp.ca/NCCP/joint_ministers/index_f.html.

Plusieurs autres programmes gouvernementaux qui visent à appuyer le développement industriel et régional peuvent fournir des fonds aux projets portant sur les énergies renouvelables qui satisfont aux critères établis.

La Fondation canadienne de l'innovation (FCI) investit dans des projets d'infrastructure en vue de favoriser l'excellence de la recherche réalisée dans les universités et les organismes sans but lucratif. Pour avoir des renseignements supplémentaires à ce sujet, veuillez consulter le site Web suivant :
<http://www.innovation.gc.ca>.

6. Les activités de coopération internationale

Le Canada participe au Groupe de travail sur les énergies renouvelables de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), ainsi qu'aux accords d'exécution suivants qui portent sur les énergies renouvelables :

- bioénergie;
- technologies et programmes liés à l'hydroélectricité;
- systèmes photovoltaïques;
- chauffage et climatisation solaires et plusieurs annexes;
- éoliennes et plusieurs annexes;
- hydrogène.

En outre, le Canada participe à d'autres accords et annexes de l'AIE, qui concernent des programmes liés aux énergies renouvelables. Il s'agit notamment des programmes suivants :

- combustibles fossiles (combustion en lit fluidisé et autres);
- utilisation finale (piles à combustible de pointe, systèmes pour les bâtiments et les collectivités, Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des techniques énergétiques démontrées – CADDET, stockage de l'énergie, échange de données sur les technologies énergétiques, thermopompes, pâtes et papiers).

Accords bilatéraux

En vertu du Protocole d'entente sur la R-D énergétiques conclu entre Ressources naturelles Canada et le département de l'Énergie des États-Unis, le Canada collabore avec les États-Unis dans tous les domaines liés à la R-D énergétiques, à l'exception de la fission et de la fusion nucléaires. Les activités visées par le protocole d'entente englobent la recherche appliquée, la démonstration, essais l'échange de données techniques, la planification conjointe, l'échange de chercheurs et d'autres activités scientifiques connexes. La R-D est effectuée en vertu d'accords d'exécution qui prévoient la réalisation de travaux liés aux énergies renouvelables dans des domaines tels que la bioénergie et la production à petite échelle dans les collectivités. En outre, on organise des réunions sectorielles pour échanger des données et créer de nouveaux accords de coopération sur des sujets précis.

Le groupe d'experts pour la collaboration dans le domaine des technologies des énergies nouvelles et renouvelables (EGNRET) est l'un des quatre sous-groupes d'experts du Groupe de travail sur l'énergie de l'Organisation de coopération économique Asie-Pacifique (APEC). Il s'agit du seul groupe axé sur la technologie qui s'intéresse aux technologies des énergies renouvelables et à certaines technologies d'efficacité énergétique. Il a divisé son travail en huit domaines de collaboration. Le Canada est responsable du septième domaine, à savoir l'information technique et l'information connexe sur les énergies renouvelables diffusée dans le Web.

En 1995, l'Accord de coopération scientifique et technologique entre le Canada et l'Union européenne établissait une relation réciproque qui permet aux chercheurs et aux organismes de recherche canadiens de participer à des consortiums de l'Union européenne qui réalisent des travaux de recherche-développement technologiques sous les auspices du Programme-cadre. En outre, cet accord donne aux chercheurs de l'Union européenne le même accès aux programmes canadiens. L'accord actuel (1998-2002) vise quatre programmes thématiques, notamment la croissance industrielle durable, l'énergie et l'environnement. Deux projets traitent des questions technologiques liées à la conversion de la biomasse en énergie.

Il existe d'autres accords bilatéraux conclus entre le Canada et d'autres pays dans le domaine de la mise en œuvre de technologies, par exemple les suivants :

- les turbines pour petites centrales hydroélectriques (avec la Pologne);
- les systèmes de commande de petites centrales hydroélectriques et la réhabilitation des sites (Chine);e séchage solaire des récoltes (Brésil);
- les véhicules alimentés au gaz naturel (Roumanie);
- la gazéification des déchets (Espagne);
- la gazéification de la biomasse (Chine).

En outre, le Canada et le Mexique explorent les possibilités de collaboration bilatérale, et le Canada, le Mexique et les États-Unis explorent les possibilités de collaboration trilatérale.

7. Conclusions

Voici en résumé les principales conclusions du présent rapport.

- L'importance des énergies renouvelables s'accroît au Canada depuis 20 ans. Ces énergies représentent actuellement 17 % de l'approvisionnement total en énergie primaire.
- L'hydroélectricité est la source unique d'énergie renouvelable la plus importante, représentant environ 11 % de l'approvisionnement total en énergie primaire et plus de 60 % de l'approvisionnement total en électricité.
- La bioénergie utilisée aux fins de l'industrie forestière, de la production d'électricité et du chauffage domestique représente environ 6 % de l'approvisionnement total en énergie primaire.
- Les nouvelles technologies des énergies renouvelables telles que l'énergie tirée des déchets, l'énergie hydroélectrique de basse chute et l'énergie éolienne contribueront davantage au futur approvisionnement énergétique.
- Les technologies solaires représentent des débouchés commerciaux de plus en plus intéressants sur certains marchés, par exemple le chauffage solaire, le chauffage de l'eau des piscines et la production d'électricité à l'aide de l'énergie photovoltaïque en vue d'alimenter des collectivités hors réseau et éloignées.
- À long terme, il est à espérer que la contribution des énergies renouvelables aux fins de la production de combustibles liquides et gazeux augmentera grâce à l'élaboration de nouvelles technologies qui amélioreront la rentabilité de l'approvisionnement.
- En raison de l'intérêt grandissant à l'égard des énergies renouvelables, qui représentent une solution au problème du changement climatique, leur importance devrait continuer de croître. À moyen et à long termes, on s'attend à une augmentation de la contribution de l'hydroélectricité, de la biomasse et de l'énergie éolienne à l'approvisionnement énergétique.
- Divers paliers de gouvernement au Canada continuent d'appuyer la recherche, le développement et la commercialisation des énergies renouvelables en vue de supprimer les obstacles économiques et les autres obstacles à l'adoption de ces options. En vertu du Programme d'encouragement à la production d'énergie éolienne annoncé récemment, le gouvernement du Canada fournira une aide financière pour l'installation d'une nouvelle capacité en énergie éolienne de 1 000 MW au cours des cinq prochaines années.
- L'industrie canadienne des énergies renouvelables et d'autres intervenants connaissent les défis

qu'ils doivent relever, mais entrevoient aussi les possibilités liées à une consommation accrue de leurs produits et de leurs services. Ils espèrent un jour recueillir les fruits de leurs efforts.

Bibliographie sommaire

Documents principaux

1. Agence internationale de l'énergie (AIE), *The Evolving Renewable Energy Market*, 1997, IEA, Paris.
2. Ressources naturelles Canada, *L'énergie au Canada 2000*, Ottawa.
3. Ressources naturelles Canada, *Améliorer le rendement énergétique au Canada, 1999-2000*, Rapport au Parlement en vertu de la *Loi sur l'efficacité énergétique*, Ottawa, 2001.
4. Ressources naturelles Canada, Direction de la politique énergétique, *Perspectives des émissions du Canada : une mise à jour*, Ottawa, décembre 1999.
5. Ressources naturelles Canada, Direction de la politique énergétique, *Perspectives énergétiques du Canada, 1996-2020*, Ottawa, avril 1997.
6. Ressources naturelles Canada, Direction des ressources énergétiques, *Stratégie sur les énergies renouvelables : créer un nouvel élan*, Ottawa, octobre 1996.
7. Statistique Canada, *Production, transport et distribution d'électricité*, 1999, N° 57-202 au catalogue, Ottawa, juillet 2001.
8. Statistique Canada, *Guide statistique de l'énergie*, N° 57-601 au catalogue, Ottawa, septembre 2001.

Documents supplémentaires

9. *Le guide du chauffage au bois résidentiel*, Ressources naturelles Canada, Ottawa, 1993.
10. Agriculture et Agroalimentaire Canada, *Une étude sur la gestion du fumier de volaille : directions pour l'avenir*, *Revue du marché des Bestiaux*, 1999.
11. Braaten, R., Cantera Mining Limited, *L'énergie du bois dans le secteur résidentiel : perspectives - Document d'information*, préparé pour Ressources naturelles Canada, janvier 1999.
12. Carpenter, S.C., Caffell, T., McClenahan, D. et A.M. Carpenter, *Active Solar Heating in Canada to the Year 2010*, Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie (CANMET) de Ressources naturelles Canada, Ottawa, 1992.
13. Clark, R. H., *Prospect for Fundy Tidal Power*, publié dans *La houille blanche*, n° 3, 1997.
14. Environnement Canada, *Évaluation des aspects physiques, économiques et énergétiques de la gestion des déchets solides au Canada*, préparé par Resource Integration Systems Ltd., mars 1996.
15. Environnement Canada, *Inventory of Landfill Gas Recovery and Utilization in Canada*, Ottawa, Décembre 1997.
16. Gouvernement du Canada, *Utilisation de l'éthanol comme carburant au Canada*, préparé par le Comité directeur interministériel sur l'éthanol, Ottawa, juillet 1998.

17. Agence internationale de l'énergie, *Renewable Energy Policy in IEA Countries - Volume 1: Overview*, OCDE, Paris, 1997.

18. J. Richardson Consulting, *ENFOR: What Have We Learned?*, rapport rédigé pour la Direction des sciences, Service canadien des forêts, Ressources naturelles Canada, mars 1999.
19. Jessop, Alan, *Geothermal Energy in Canada*, *Geoscience Canada*, Vol. 25, n° 1, 1998.
20. Maher, T. et Penny, J., *Le chauffage des collectivités à l'aide de combustibles renouvelables : guide urbain de l'énergie de quartier tirée de la biomasse*, préparé pour Ressources naturelles Canada et le département de l'Énergie des États-Unis, 1999.
21. Marbek Resource Consultants, *Ground Source Heat Pumps Assessment*, préparé pour Ressources naturelles Canada, Ottawa, publication prévue en 1999.
22. Ministère des ressources naturelles du Québec, *L'énergie au service du Québec - une perspective de développement durable*, Charlesbourg, 1996.
23. Table des municipalités - sous-comité des gaz d'enfouissement, *Landfill Gas Subcommittee Foundation Paper*, version provisoire du 19 octobre 1998.
24. Groupe de l'analyse et de la modélisation, *Perspectives des émissions du Canada : une mise à jour*, décembre 1999.
25. Ressources naturelles Canada, Service canadien des forêts, *Canada's Surplus Wood Residues*, préparé pour le Processus national du changement climatique – Table des forêts, mars 1999.
26. Ressources naturelles Canada, Laboratoire de recherche en diversification énergétique de CANMET, *Photovoltaics for Buildings – Opportunities for Canada*, décembre 2001, Varennes (Québec).
27. Ressources naturelles Canada, Centre de la technologie énergétique de CANMET (CTEC), *Renewable Energy: the Canadian Picture, Overview of Renewable Energy Technologies*, Mai 1998.
28. Ressources naturelles Canada, Direction des ressources énergétiques, *L'énergie électrique au Canada 1997*, Ottawa, 1999 (basé en partie sur les données de Statistique Canada).
29. Peter Gogolek et Fernando Preto, *Status and Potential of Energy from Biomass in Canada*, document de CANMET - Ressources naturelles Canada pour Combustion Canada 99.
30. Rangi, R., Templin, M., Carpentier, D. Argue, *Canadian Wind Energy Technical and Market Potential*, préparé pour le Centre de la technologie énergétique de CANMET, Ressources naturelles Canada, Ottawa, octobre 1992.
31. Régie de l'énergie, *Avis de la Régie de l'énergie au Ministre d'état des ressources naturelles concernant la place de l'énergie éolienne dans le portefeuille énergétique du Québec*, Montréal, septembre 1998.
32. Roger Samson et Patrick Girouard, *Bioenergy Opportunities from Agriculture*, Resource Efficient Agriculture Production Canada 1998.
33. SGA Consultants, *Biomass Combustion Systems Market Assessment*, préparé pour Ressources naturelles Canada, décembre 1999.
34. *The Kyoto Protocol and Industry Growth Opportunities 2002*, contribution aux travaux du GAM, Direction des affaires environnementales d'Industrie Canada.
35. Thermoshare, *Biomass Energy in Canada With Emphasis on Electricity*, préparé pour Ressources naturelles Canada, Ottawa, avril 1998.
36. *Wind Power Monthly News Magazine*, Danemark, plusieurs numéros.
37. Conseil mondial de l'énergie, *Ressources énergétiques renouvelables : opportunités et*

contraintes 1990-2020, juillet 1993.

Annexe A

Expressions et facteurs de conversion

On utilise généralement les abréviations suivantes :

k = kilo = 10^3
M = méga = 10^6
G = giga = 10^9
T = téra = 10^{12}
P = péta = 10^{15}
E = exa = 10^{18}

Le watt est une unité de mesure utilisée pour l'électricité. Elle exprime la capacité de production et la production réelle par heure. Voici des exemples:

kWh = kilowatts par heure
GWh = gigawatts par heure
MW = mégawatt

Le joule est une unité d'énergie utilisée pour comparer différentes formes d'énergie. Voici des exemples:

J = mégajoule
GJ = gigajoule
PJ = pétajoule

On utilise les facteurs de conversion suivants pour l'électricité:

1 kWh = 3,6 MJ
1 GWh = 3,6 PJ/1 000

Toutes les estimations financières sont exprimées en dollars canadiens. Le taux de change au début de 2002 était le suivant : 1 \$US = 1,6 \$CAN

Annexe B

Exemples d'entreprises liées aux énergies renouvelables et projets de développement technologique

Les sites Web des associations mentionnées dans le document pour chaque technologie présentent une liste complète des entreprises concernées. À titre d'exemple, voici quelques entreprises canadiennes qui œuvrent dans le domaine des énergies renouvelables.

Hydroélectricité

SNC - Lavalin, Montréal (Québec) (Ingénierie et gestion)

ACRES International, Oakville (Ontario) (Ingénierie et gestion)

De nombreuses autres entreprises font partie du réseau de l'Association canadienne de l'électricité.

Bioénergie

IOGEN Corporation, Ottawa (Ontario) (Technologies de l'éthanol)

ENSYN Group Inc., Ottawa (Ontario) (Conversion thermochimique)

ENERKEM Technologies Inc, Sherbrooke (Québec) (Conversion thermochimique)

Énergie solaire

Conserval Engineering, Downsview (Ontario) (Chauffage solaire)

Thermo Dynamics Ltd, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) (Systèmes solaires actifs)

Arise Technologies, Waterloo (Ontario) (Fabricant et distributeur)

ATS Automation Tooling Systems, Cambridge (Ontario) (Modules PV et technologies de fabrication)

NewSun Technologies, Ottawa (Ontario) (Équipement de production d'énergie PV)

Soltek Solar Energy Ltd, Victoria (Colombie-Britannique) (Marchand et distributeur de systèmes PV)

Matrix Energy Systems, Kirkland (Québec) (Marchand et distributeur)

Énergie éolienne

Polymarin – Bolwell Composites, Huron Park (Ontario) (Pales d'éoliennes)

Dutch Industries Ltd, Regina (Saskatchewan) (Éoliennes de pompage)

Vision Quest Windelectric Inc., Pincher Creek (Alberta) (Promoteurs de projets d'énergie éolienne)

Groupement éolien québécois, Gaspé (Québec) (Grosses éoliennes)

Institut de recherche d'Hydro-Québec (IREQ), Varennes (Québec) (Développement technologique),

Atlantic Wind Test Site (Î.-P.-É.) (Essais des éoliennes)

Exemples de projets de développement technologique

Voici quelques exemples de projets de développement technologique qui ont été approuvés au cours des deux dernières années dans le cadre du programme des Mesures d'action précoces en matière de technologie (TEAM) et des programmes de R-D connexes tels que le Programme de recherche et de développement énergétiques (PRDE).

Éthanol tiré de la biomasse

À l'aide de ses compétences en technologie enzymatique, Iogen produira de l'éthanol à un moindre coût que l'éthanol actuellement utilisé au Canada, qui provient du blé ou du maïs. Iogen prévoit que grâce à cette technologie, l'essence ayant une teneur en éthanol de 10 % deviendra le carburant le plus utilisé au Canada.

Turbogénérateurs

Orenda est la première société au monde à avoir démontré la faisabilité d'élaborer un turbogénérateur pour l'industrie, qui peut fonctionner au moyen de biocarburants liquides. Le projet permettra de perfectionner la technologie en élaborant et en mettant à l'essai des systèmes commercialisables dotés d'un moteur fonctionnant à l'aide de biocarburant; en refaisant la conception du système de combustion, en le perfectionnant et en établissant les caractéristiques d'un turbogénérateur entièrement commercialisable.

Diesel « vert » tiré de la biomasse

Ce projet vise à utiliser le procédé breveté d'Ensyn Technologies Inc. pour optimiser et lancer une technologie de microémulsion qui permet d'ajouter au diesel des biocarburants issus de la pyrolyse rapide de matières cellulosiques. Ces biocarburants serviront à produire de la chaleur et de l'énergie et pourront être ajoutés au diesel. Le diesel ayant une teneur de 10 % en biocarburant permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Chaînes de fabrication de panneaux photovoltaïques destinés à l'exportation

Ce projet entrepris en collaboration avec la société ontarienne ATS Automation Tooling Systems Inc. vise à élaborer des chaînes de fabrication automatisées en vue de produire des panneaux photovoltaïques. ATS créera deux chaînes de fabrication dont le degré d'automatisation variera.

Transfert en Chine de composants de petites centrales hydroélectriques

La société Powerbase Automation Systems Inc. transférera à cinq petites centrales hydroélectriques de Chine son petit régulateur de turbine informatisé. En améliorant l'efficacité énergétique et en diminuant la quantité d'énergie produite à l'aide du charbon, les cinq centrales de démonstration réduiront les émissions de dioxyde de carbone d'environ 30 000 tonnes.

Énergie éolienne en Nouvelle-Écosse

Ce projet montrera aux jeunes néo-Écossais que l'énergie éolienne peut être un élément crucial des mesures prises par le Canada pour atténuer le changement climatique, ainsi qu'un facteur important du développement durable en Nouvelle-Écosse.