



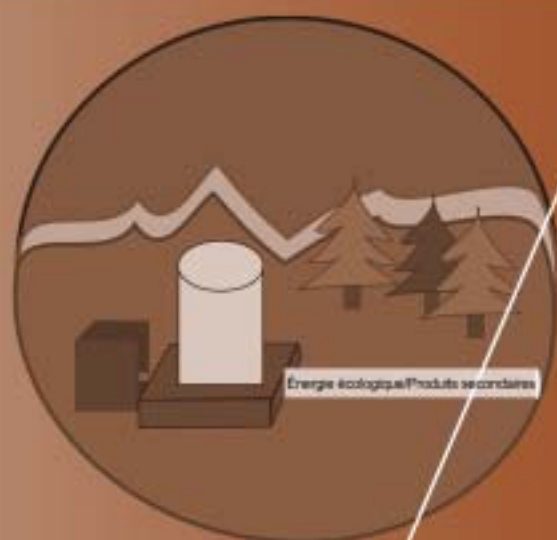
CTEC CENTRE DE LA TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE DE CANMET

CRTCE

CARTES ROUTIÈRES TECHNOLOGIQUES DU
CHARBON ÉCOLOGIQUE AU CANADA

www.crtducharbonecologique.gc.ca

« Le développement d'options technologiques en matière de charbon écologique pour la production d'électricité, de chaleur et de matières chimiques qui seront efficaces sur le plan énergétique, économiques et respectueuses de l'environnement. »



TECHNIQUES D'ÉNERGIE ÉCOLOGIQUE

Avant-propos

Le Canada jouit de ressources énergétiques variées et abondantes. Ces diverses réserves à l'échelle régionale ont permis aux Canadiens de prospérer malgré leurs petites populations dispersées partout sur un vaste territoire, sans compter toutes les difficultés offertes par le climat nordique. Tant au Canada qu'à l'échelle internationale, il existe d'immenses réserves prouvées de charbon qui contribuent énormément à nos approvisionnements en énergie et à la prospérité économique de notre pays. Ne pas continuer à utiliser le charbon serait renier le fait que beaucoup de Canadiens ont accès à un combustible abordable, sûr et facilement disponible, un combustible exempt de l'instabilité des prix et tout à fait apte à une utilisation d'une manière acceptable sur le plan environnemental – comme le démontre bien les *Cartes routières technologiques du charbon*.

L'utilisation de l'énergie est directement reliée à la prospérité, ce qui nous oblige à la produire avec le moins de répercussions que possible sur l'environnement et à la consommer aussi efficacement que possible. En jetant un coup d'œil sur l'avenir, nous constatons que la société va, de plus en plus, s'attendre et exiger que les producteurs d'énergie gèrent complètement toutes les émissions provenant de leurs installations, y compris les gaz à effet de serre qui sont à l'origine des changements climatiques.

Un examen critique de toutes les sources possibles d'énergie et de techniques pour la production de l'électricité indique qu'il n'y en aucune de réellement inoffensive. Aucun procédé technologique ne regroupe toutes les caractéristiques les plus positives des diverses sources de combustible, de la gestion des résidus, de la fiabilité, de la tarification, de l'acceptation sociale et du rendement environnemental. En conséquence, le Canada va continuer à compter sur une variété de sources de combustible pour répondre à sa demande énergétique sans cesse croissante.

Les futures centrales électriques qui profiteront d'une technologie à base de charbon écologique auront besoin de matériaux et de procédés (qui, pour la plupart, existent déjà dans d'autres secteurs) qui seront mis à l'échelle, combinés, regroupés en un ensemble et optimisés afin de se conformer aux normes de rendement des entreprises de service public. Le Canada se trouve en bonne posture pour assumer un rôle de chef de file dans l'application de toute cette technologie en raison de son excellence reconnue pour ses travaux inlassables dans les domaines du charbon écologique, ainsi que de la capture et du stockage du dioxyde de carbone. L'accessibilité aux procédés technologiques permettra aux entreprises de service public de passer des niveaux actuels d'émissions à un rendement avoisinant l'élimination de toutes les émissions en une seule étape, stimulant au cours des années l'accroissement du rythme d'amélioration dans les résultats obtenus au chapitre de l'environnement. La technologie liée au charbon écologique peut former la base d'une nouvelle source d'hydrogène, éliminant, dans les années à venir, notre dépendance actuelle à l'égard du reformage du gaz naturel. Les produits chimiques, les matières premières et les autres produits secondaires ajoutent de la valeur à la proposition de futures centrales électriques fonctionnant grâce à la technologie liée au charbon écologique.

Les recherches sur le charbon écologique se poursuivent sans arrêt partout dans le monde, mais elles n'ont pas porté précisément sur l'utilisation de charbons de rang bas, comme les variétés canadiennes de sous-bitumineux et de lignite. L'occasion est là pour le Canada d'assumer un rôle de chef de file (en ce qui concerne ces types de charbon) en accélérant la possibilité d'utiliser une technologie à base de charbon écologique, en plus de fournir aux

entreprises de service public une puissante option pour répondre aux besoins du Canada en matière d'énergie et de susciter une assise technologique hautement exportable. Les nouvelles économies à l'échelle internationale vont inévitablement avoir recours au charbon pour répondre à leurs besoins énergétiques en pleine croissance, alors que l'absence d'un accès à la technologie liée au charbon écologique va se traduire par la mise en place de techniques plus classiques dans ce domaine, perpétuant ainsi le rendement actuel au niveau des émissions et ajoutant au fardeau mondial des émissions de gaz à effet de serre.

La période où l'on réalisait d'autres études de faisabilité est maintenant terminée. Le Canada a besoin d'un projet de démonstration en rapport avec le charbon écologique afin que le véritable apprentissage puisse commencer et, ainsi, susciter des avantages pour tous les Canadiens, comme il en a été avec d'autres activités en ce sens il n'y a pas si longtemps, notamment dans le cas des grands travaux canadiens sur les sables bitumineux.

L'Association canadienne de l'électricité a affirmé que, dans les prochaines vingt années, le Canada allait avoir besoin de 20 000 MW de nouvelles capacités par décennie afin de répondre à l'augmentation de la charge et de remplacer les unités de production en voie d'être retirées. L'accès à une technologie liée au charbon écologique qui aura été démontrée sur le marché va permettre aux planificateurs des entreprises de service public de jouir d'une importante option de rechange. Cette dernière donnera la possibilité d'obtenir les produits et les produits secondaires décrits précédemment, avec l'avantage supplémentaire d'atténuer physiquement les émissions de gaz à effet de serre et, ainsi, de générer des crédits de réduction des émissions pour des échanges ou des reventes sur les marchés internationaux.

Au nom de toutes les personnes qui ont participé à la recherche et à la rédaction de ces cartes routières, je vous remercie de votre intérêt et vous exhorte à appuyer cette importante entreprise pour le Canada.

Veillez agréer l'expression de mes sentiments les meilleurs.



*Rick Patrick, Vice-président
Affaires environnementales et
réglementaires, SaskPower*

(Président du Comité de direction et du
Comité technique consultatif pour les
Cartes routières technologiques du
charbon écologique)



Remerciements

Ressources naturelles Canada et SaskPower, les deux principaux organismes responsables des Cartes routières technologiques du charbon écologique (CRTCE), aimeraient souligner la contribution de plusieurs intervenants en ce qui a trait à leur vision, leur énergie, leur soutien financier et leur aide en nature qui ont permis de mettre sur pied cette entreprise.

Soutien financier et aide en nature

Les CRTCE ont reçu leur principal financement d'*Industrie Canada* par l'entremise du *Programme de technologie et d'innovation liées aux changements climatiques*, lequel découle directement du Plan d'action 2000 du gouvernement fédéral sur les changements climatiques. Les organismes qui suivent y ont également accordé leur soutien financier et en nature (en ordre alphabétique) :

- ❑ Alberta Energy Research Institute
- ❑ Alberta Energy and Utilities Board
- ❑ Canadian Clean Power Coalition
- ❑ Clean Coal Centre de l'Agence internationale de l'énergie (R.-U.)
- ❑ Electric Power Research Institute (É.-U.)
- ❑ Luscar Itée
- ❑ National Energy Technology Laboratory (NETL, US)
- ❑ Nova Scotia Power
- ❑ Ressources naturelles Canada
- ❑ SaskPower
- ❑ Science Applications International Corporation (SAIC, US)
- ❑ Tech-Wise A/S
- ❑ Université Carnegie Mellon (É.-U.)
- ❑ Université Princeton (É.-U.)

CRTCE – Comité de direction

Nous aimerions également souligner la participation de certaines personnes aux travaux du Comité de direction, lequel s'est chargé de mettre au point les modalités de fonctionnement des CRTCE en janvier 2003. Il s'agit de :

- ❑ Rick Patrick, SaskPower (Président du Comité de direction)
- ❑ Bill Pearson, Ressources naturelles Canada
- ❑ Bob Stobbs, SaskPower (Représentant principal de l'industrie)
- ❑ Cynthia Johnston, TransAlta
- ❑ Eddy Isaacs, Alberta Energy Research Institute
- ❑ George White, Sherritt/Luscar Itée
- ❑ James Taylor, Nova Scotia Power
- ❑ Kelly Thambimuthu, Ressources naturelles Canada
- ❑ Paul Clark, TransAlta

CRTCE – Comité technique consultatif

Des remerciements particuliers sont adressés aux membres du Comité technique consultatif pour le dévouement, l'engagement et l'esprit de chef de file qu'ils ont manifestés tout au long du processus de développement des CRTCE. Le Comité technique consultatif s'est réuni en plusieurs occasions et entre les ateliers pour fournir la plus grande partie des recherches de base et des évaluations techniques qui ont servi à appuyer les cartes routières.

Les membres qui forment le Comité technique consultatif sont les suivants :

- ❑ Rick Patrick, SaskPower (Président du Comité)
- ❑ Alan Flemming, Luscar Itée
- ❑ Amar Amarnath, Luscar Itée
- ❑ Bill Pearson, Ressources naturelles Canada
- ❑ Bill Richards, Nova Scotia Power
- ❑ Bob Stobbs, SaskPower (Représentant principal de l'industrie)
- ❑ David Granatstein, Ressources naturelles Canada
- ❑ Duke du Plessis, Alberta Energy Research Institute
- ❑ Kelly Thambimuthu, Ressources naturelles Canada (Government Lead)
- ❑ Murlidhar Gupta, Ressources naturelles Canada

Les auteurs de la première ébauche et du texte définitif des CRTCE sont les suivants :

- ❑ David Reeve (auteur de la première ébauche)
- ❑ John Van Ham, société Van Ham Resources inc. (auteur du texte définitif)

Le Comité de direction et le Comité technique consultatif des CRTCE remercient la *Canadian Clean Power Coalition* pour avoir fourni des renseignements sur l'étape numéro un de l'initiative de modernisation du charbon écologique, ainsi que pour son évaluation préliminaire des options technologiques décrites dans les cartes routières. D'autre part, les membres du Comité technique consultatif et les auteurs des CRTCE tiennent à remercier Donna Baskin pour le travail qu'elle a accompli. Le dévouement dont elle a fait preuve pour organiser les trois ateliers des CRTCE, élaborer et maintenir à jour le site Web s'y rapportant, ainsi que son appui à la rédaction et à la publication de l'ébauche et des versions définitives des cartes routières, a été grandement apprécié.

L'annexe A contient la liste des participants aux ateliers et aux autres activités des CRTCE dont les interventions et les conseils ont été appréciés à leur juste valeur.

Table des matières

Avant-propos	ii
Remerciements	iv
Table des matières	vi
Résumé	vii
Liste des acronymes et des unités	xii
1. Le charbon écologique – Un avantage canadien	14
Pourquoi le charbon écologique ?	14
La vision et les objectifs des CRTCE	15
Aperçu des CRTCE	16
2. Le charbon, une proposition de valeur	17
Le rôle international du charbon	17
Le rôle national du charbon	19
Résumé de la section	22
3. Les enjeux et les attentes	23
Les enjeux environnementaux	23
Les solutions de rechange concurrentielles au charbon	27
L'établissement de normes de rendement	32
Résumé de la section	35
4. Les parcours technologiques du charbon écologique	36
Les options en matière de parcours	36
Le développement technologique à l'échelle internationale	43
Les prévisions concernant le charbon écologique au Canada	48
Résumé de la section	54
5. Le charbon écologique au Canada	55
La vision	55
Les lacunes critiques et les objectifs	56
Cinq stratégies liées aux objectifs SAGES	57
La voie qui s'offre pour les CRTCE	68
Les effets prévus de la stratégie liée aux CRTCE	69
Résumé de la section	72
Annexe A	74
Annexe B	76
Annexe C	77
Annexe D	83
Références	85
Glossaire	88

Résumé

Les responsables de l'élaboration des politiques énergétiques de partout dans le monde considèrent le charbon comme étant une importante ressource énergétique stratégique, une de celles qui sont essentielles pour maintenir la sécurité des approvisionnements mondiaux en énergie à des prix économiquement concurrentiels. Dans les années à venir, la demande mondiale du charbon va augmenter et un engagement de la part du Canada et des autres pays est indispensable pour faire progresser la mise au point de techniques en faveur du charbon écologique permettant d'en atténuer les possibles répercussions. Le Canada peut contribuer à l'établissement d'une infrastructure énergétique critique par le développement technologique et la production de connaissances à des fins intérieures, ainsi que pour le transfert à des pays comme la Chine et l'Inde. Les répercussions environnementales du charbon constituent les principales difficultés à surmonter pour que le secteur puisse continuer à assumer son rôle prépondérant et fournir un service essentiel. Ces préoccupations sur le plan environnemental, de même que la sécurité énergétique des approvisionnements en gaz naturel, sont les principaux motifs sous-jacents à la nécessité pour le Canada de développer des techniques liées au charbon écologique et, par conséquent, les principales raisons pour avoir entrepris l'initiative des *Cartes routières technologiques du charbon écologique*.

La vision propre aux CRTCE est la suivante : *que le secteur industriel canadien joue un rôle de chef de file en adaptant et en combinant technologie et connaissances pour une utilisation efficace du charbon et des autres carbones de faible valeur en tant que sources énergétiques permettant de produire de l'électricité, de l'hydrogène, de la chaleur et des matières chimiques, tout cela avec peu ou pas de répercussions environnementales sur l'eau, l'air et la terre.* Un secteur industriel qui épouse cette vision est celui qui la transforme en images et en résultats pour devenir :

- ❑ un chef de file à l'échelle nationale en matière de recherche-développement (R-D) liée aux CRTCE ;

- ❑ un maître d'œuvre pour atteindre des standards de rendement environnemental de haut niveau en ayant recours à la meilleure technologie existante sur le marché pour ses activités ;
- ❑ un bon citoyen au niveau local considéré comme responsable sur le plan environnemental et engagé à l'égard de la santé et du bien-être des collectivités, tant au Canada qu'à l'étranger ;
- ❑ un élément de la solution visant à développer des sources énergétiques durables en constituant un ensemble de centrales alimentées au charbon écologique qui fournit de l'électricité aux habitants du pays ;
- ❑ un élément capable d'adapter et de combiner la technologie de pointe dans la R-D et les démonstrations effectuées au Canada.

Les CRTCE représentent une analyse sélective des informations clés qui permettra aux décideurs et aux responsables politiques de comprendre l'avantage stratégique offert par l'immense potentiel du Canada en matière de charbon, les enjeux et les attentes auxquels devra faire face le charbon écologique, les diverses options disponibles en matière de technologie liée au charbon écologique, ainsi que les prévisions concernant l'avenir du charbon écologique d'ici 2035.

Le document des CRTCE se termine par une série d'objectifs de premier plan qu'il faudra atteindre, ainsi que par les étapes stratégiques indispensables qu'il faudra franchir pour y arriver. La participation de l'industrie et du gouvernement est essentielle pour que la vision du charbon écologique puisse devenir réalité au Canada.

Le charbon écologique – Un avantage canadien

Bien qu'il soit abondamment pourvu d'options en matière d'approvisionnements énergétiques, le charbon demeure pour le Canada une importante richesse qui lui assure la sécurité énergétique. Dans plusieurs régions du pays, on trouve une abondance de charbon local à bas prix. Les autres régions disposent d'un accès aisé aux stocks internationaux. Ainsi, il existe au Canada un secteur bien établi de la production de l'électricité à base d'alimentation au charbon, lequel assure une capacité de 16 985 MW_e.

La technologie liée au charbon écologique continuera à fournir de l'électricité abordable sur le

plan économique tout en contribuant à respecter des objectifs de rendement environnemental plus rigoureux qui seront bientôt instaurés. Le développement d'une technologie canadienne va favoriser les occasions d'exportation pour les producteurs d'électricité et les fabricants d'équipements, ce qui, en contrepartie, va stimuler au pays l'établissement de connaissances et d'innovation.

Au Canada, un secteur de la technologie liée au charbon écologique arrivé à maturité favoriserait le développement ou l'acquisition de ses propres éléments technologiques permettant d'atténuer les émissions de gaz à effet de serre et les émissions atmosphériques, établissant ainsi des capacités intérieures pour le développement technologique à long terme et créant des partenariats contribuant à faire avancer la R-D canadienne. Ce que les intervenants du milieu peuvent retirer des CRTCE est ce qui suit :

- ❑ une vision de l'avenir de la production alimentée au charbon et une proposition de valeur offerte par le charbon au Canada ;
- ❑ une description des enjeux et des attentes critiques qui s'offrent au charbon ;
- ❑ une liste des normes de rendement pertinentes pour le secteur canadien utilisant le charbon comme source d'alimentation ;
- ❑ un portrait des parcours technologiques, mettant en valeur les activités internationales profitables au Canada ;
- ❑ un examen des éléments techniques et des innovations pertinents qui viendraient appuyer le développement de ces parcours ;
- ❑ une liste des principaux objectifs canadiens en matière de technologie liée au charbon écologique et une série pragmatique des étapes stratégiques à franchir pour atteindre ces mêmes objectifs ;
- ❑ un calendrier relatif au développement technologique pour être dans les temps accordés. Description of the critical challenges and expectations facing coal

En plus de fournir des informations aux décideurs, les CRTCE donnent aux maîtres d'œuvre de l'industrie un point de départ pour atteindre le but ultime consistant à la mise au point d'un charbon écologique commercialement viable au Canada. Des investissements en R-D de cette envergure sont, toutefois, bien au-delà des possibilités d'un seul gouvernement ou d'une seule entreprise, et il faut donc établir des liens de collaboration. En raison de la réalité que constituent les prix du gaz

naturel, très élevés et instables, l'instauration de cette capacité de collaboration demeure une nécessité incontournable.

Le charbon, une proposition de valeur

Le charbon et les autres combustibles fossiles sont des produits essentiels à l'industrialisation et à la croissance économique. Les combustibles fossiles répondent actuellement à 80 p. 100 des besoins énergétiques mondiaux, et continueront de répondre à la plus grande partie des besoins en énergie pendant encore un bon moment au XXI^e siècle. Le charbon prend une place très importante parmi les combustibles fossiles puisque, alors que la production de pétrole et de gaz naturel atteint des sommets, ses réserves sont encore abondantes dans plusieurs parties du monde (tant dans les pays développés et que les pays en développement). Le Canada ne fait pas exception avec 66 p. 100 de ses réserves en combustibles fossiles constituées de charbon.

Le Canada dispose actuellement de 16 985 MW_e de capacités de production par charbon, ce qui représente 18 p. 100 de la capacité totale de production au pays. De fait, le charbon joue déjà un rôle stratégique important en assurant la production d'énergie dans plusieurs régions du pays.

La demande en énergie va s'accroître dans les prochaines années, et certains croient que le gaz naturel pourra permettre de répondre à celle-ci. Toutefois, le tableau énergétique qui se profile à l'horizon est que l'approvisionnement en gaz naturel en Amérique du Nord va connaître des ratés et, par conséquent, que les prix vont augmenter. Il en résultera que l'Amérique du Nord, avec ses abondantes réserves économiques de charbon, devra sans doute revenir à la production d'électricité par alimentation au charbon – en autant que le secteur puisse améliorer son bilan environnemental. Déjà, nous assistons à la décision des membres de l'industrie de construire au Canada des installations alimentées au charbon (plutôt qu'au gaz naturel) en se fiant aux aspects économiques à long terme.

Les enjeux et les attentes

Le charbon fait face à diverses questions et à divers enjeux qu'il faut régler si l'on veut en faire, à l'avenir, une option viable d'approvisionnement en énergie. En tête de liste se trouve le rendement environnemental, particulièrement en ce qui a trait aux émissions atmosphériques. L'industrie doit,

d'une façon immédiate ou imminente, se conformer à une législation portant sur les pluies acides, le smog, les produits toxiques de l'air et les changements climatiques. Ces questions, ainsi que la législation complexe qui en découle, ajoutent aux coûts de la production alimentée par charbon.

Les changements climatiques, de même que les engagements pris à l'égard du Protocole de Kyoto, constituent des facteurs décisifs pour le développement d'une technologie liée au charbon écologique. Les producteurs par alimentation au charbon font partie intégrante du groupe des *grands émetteurs finaux* propres au gouvernement du Canada, lesquels devraient réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 55 Mt de CO₂e par année d'ici 2008 – 2012 pour atteindre les niveaux de 1990. Cette situation pose des problèmes aux producteurs par alimentation au charbon qui sont à la source de 17 p. 100 du total des émissions de gaz à effet de serre au Canada. D'autre part, il y a tout lieu de croire que les futures normes seront même beaucoup plus contraignantes.

Une autre importante question demeure la concurrence des énergies de remplacement. Celles-ci, toutefois, offrent leur lot de situations problématiques. L'énergie nucléaire, par exemple, a gagné la faveur en raison de son absence d'émissions, mais on y retrouve toujours d'autres problèmes environnementaux et de coûts qui la rendent, par comparaison, risquée. Les installations au gaz naturel constituent, aujourd'hui, les points de comparaison dans les régions du centre et de l'ouest du Canada, en partie grâce à leurs bilans d'émissions relativement faibles, à leur période d'investissement à court terme et à leur synchronisation rapide avec les réseaux d'électricité. Cependant, les risques en matière de futurs approvisionnements soulèvent de sérieuses réserves au sujet du gaz naturel en Amérique du Nord. Les énergies renouvelables, comme l'énergie éolienne et la biomasse, reçoivent beaucoup d'attention du public. Néanmoins, ces dernières ne vont contribuer qu'à une faible part des réserves énergétiques canadiennes dans les prochaines années. L'énergie hydraulique fournit actuellement la plus grande partie de l'électricité au Canada, et celle-ci va sans doute prendre plus d'importance dans les régions ayant accès à cette ressource naturelle. Toutefois, il faut une décennie au moins pour la planification et la construction d'une centrale hydro-électrique. De

plus, ce genre d'installation exige de forts capitaux et doit faire face à toute une série d'autres problèmes environnementaux se rapportant aux terres, à l'eau et aux déplacements de populations. Ainsi, toutes ces options n'offrent pas de solutions de rechange évidentes pour la nouvelle production.

Les membres de l'industrie ont suggéré que le Canada remplace ses installations actuelles alimentées au charbon en se tournant vers la meilleure technologie liée au charbon écologique offerte sur le marché en fonction d'un calendrier adapté au cycle de retrait des vieilles centrales. Cette façon de faire impliquerait le remplacement de quelque 61 installations entre maintenant et 2034. D'ici 2010 seulement, 5 000 MWe de capacités seront remplacées. Il sera difficile pour le Canada de respecter ce calendrier de remplacement tout en laissant la construction de nouvelles centrales répondre seule à la demande croissante d'énergie. Selon les membres de l'industrie, la dure nécessité de jouir d'une nouvelle capacité exigera de recourir au charbon. Les caractéristiques de rendement de chaque option énergétique seront déterminantes pour les normes de rendement attendues de toutes les techniques, par conséquent, le charbon doit aussi être conforme à ces normes pour assurer au Canada sa capacité nécessaire.

Les parcours technologiques du charbon écologique

Les divers parcours de la technologie liée au charbon écologique qui sont actuellement envisagés à l'échelle internationale (la progression linéaire du développement technologique au cours des âges) peuvent se ramener à deux aspects, soit la combustion et la gazéification. Parallèlement à ceux-ci, on retrouve les équipements ou les procédés qui permettent de les obtenir, comme la cogénération, les systèmes à base d'oxycombustibles, la capture et le stockage du CO₂, ainsi que la purification du charbon en amont, tous des éléments qui s'appliquent à l'un ou l'autre des parcours.

Le parcours de la combustion commence avec la technologie actuelle liée aux centrales alimentées par charbon pulvérisé pour se déplacer vers les étapes qui marquent la combustion ultra-supercritique, quelle soit en lit fluidisé ou encore en mode atmosphérique ou pressurisée. Ce parcours comprend des innovations et des améliorations ajoutées à une technologie qui, en grande partie, existait déjà.

La gazéification implique le développement d'une technologie révolutionnaire en vue de la production de gaz synthétiques. Ce continuum est un des principaux éléments et un développement technologique, de pair avec des améliorations supplémentaires à certains éléments existants (comme le cycle combiné de gazéification), qui sert à faire des démonstrations de nouveaux systèmes. Ce parcours technologique englobe la possibilité d'une multiproduction – c'est-à-dire la production d'électricité de pair avec diverses matières premières, dont l'hydrogène. Cette série technologique n'est pas très avancée par rapport aux parcours de développement, toutefois, elle fait l'objet de recherches, de développement et de démonstration de la part des principaux pays du monde.

Les chefs de file à l'échelle internationale pour les deux parcours technologiques sont les États-Unis, le Japon, l'Australie et les pays de l'Union européenne. Chacun de ces pays de pointe acquiert des connaissances et des compétences expertes dans les domaines technologiques pertinents aux circonstances qui sont les leurs. Les États-Unis disposent de budgets massifs en matière de R-D qui sont axés sur la gazéification. Ils travaillent à mettre au point des installations de pointe dans le domaine du charbon écologique qui devraient éliminer presque toutes les émissions et les résidus. Le Japon veille à conserver son rôle actuel de chef de file dans la technologie liée à la combustion. Pour profiter du travail accompli ailleurs, le Canada, comme tous les autres pays, doit contribuer aux activités globales de R-D. Déjà, on a obtenu bien des succès en matière de technologie et fait plusieurs découvertes scientifiques, rendant ainsi possible la mise au point d'un charbon écologique pour le Canada.

Les prévisions concernant la mise en valeur de la technologie liée au charbon écologique diffèrent selon les régions du Canada. Les provinces de l'Atlantique, de même que l'Ontario, la Saskatchewan et l'Alberta, sont des endroits où l'on retrouve d'excellentes possibilités. Par exemple, le rythme de développement des sables bitumineux en Alberta, un phénomène qui contribue à faire augmenter la demande d'électricité et de chaleur à Fort McMurray, crée une occasion unique de construire une centrale électrique alimentée au charbon écologique qui impliquerait également la capture et le stockage du carbone.

Bien que le gouvernement actuel en Ontario projette d'éliminer graduellement la production d'électricité à l'aide de charbon, le charbon écologique demeure une option pour les prochaines années. L'Ontario et les autres provinces qui ne sont pas alimentées par le charbon pourraient envisager la nécessité de recourir au charbon écologique à mesure que les autres options énergétiques ne pourront plus répondre à la demande.

Le charbon écologique au Canada

Pour paraphraser ce qui a été décrit précédemment, la vision propre aux CRTCE est que le secteur industriel canadien qui joue un rôle de chef de file en développant la technologie et en créant les connaissances pour une utilisation efficace du charbon et des autres carbones de faible valeur en tant que sources énergétiques permette de produire de l'électricité et diverses matières premières, tout cela en restreignant les répercussions environnementales.

Les lacunes les plus critiques en matière de technologie et de connaissances qui, au Canada, freinent la mise au point d'une technologie liée au charbon écologique ont été déterminées (elles englobent les obstacles sociaux, économiques et techniques). Pour y remédier, on a établi un ensemble de cinq objectifs clairs. Un des éléments essentiels de ces objectifs demeure un programme proactif de R-D se rapportant aux circonstances canadiennes. Dans cette optique, on a élaboré une activité particulière indépendante visant à établir les besoins précis en matière de R-D.

À la suite du travail accompli dans le cadre des CRTCE, une stratégie toute canadienne en cinq volets a été élaborée. Les maîtres d'œuvre de l'industrie et du gouvernement ont déjà pris l'engagement de mettre en application chacun de ces volets, qui sont les suivants :

1. S'engager dans des activités extérieures publiques en élaborant un Programme national d'information sur le charbon écologique.
2. Fournir aux intervenants du milieu des informations sur la technologie liée au charbon écologique en mettant sur pied un Centre national de renseignements sur le charbon écologique.

3. Développer des programmes de technologie et de R-D axés sur la démonstration commerciale de la technologie.
4. Établir une vision commune à l'échelle nationale, un modèle d'affaires et une stratégie visant à diminuer les risques dans le cas de la première installation au Canada de démonstration de la technologie liée au charbon écologique.

Le chemin à parcourir n'est pas différent des autres entreprises réalisées précédemment. Il a fallu des années d'investissement en R-D et en démonstrations pour que l'exploitation des sables bitumineux canadiens devienne l'industrie de masse mondiale qu'elle est aujourd'hui. Cependant, le temps est venu d'investir dans la technologie liée au charbon écologique puisque les possibilités s'offrent actuellement et dans les prochaines 25 années. Des projets de démonstration réalisés avec succès, de même que le financement subséquent de la technologie et du savoir-faire, sont les prix à remporter. L'esprit de direction du gouvernement et de l'industrie est l'élément essentiel pour, au Canada, faire de la vision de la technologie liée au charbon écologique une réalité.

Les retombées positives de la mise en place au Canada de la technologie liée au charbon écologique sont innombrables : maintenir la sécurité des approvisionnements en énergie, assurer la qualité et l'intégrité environnementales, et créer un secteur industriel technologiquement avancé qui est accessible aux affaires avec la communauté internationale. Le charbon écologique apportera des avantages aux régions qui comptent déjà sur la production d'électricité par alimentation au charbon et aux autres régions qui pourraient avoir besoin d'énergie non polluante dans l'avenir. Les effets secondaires se feront sentir dans les autres secteurs, notamment ceux de la fabrication de l'équipement, de la fabrication des produits chimiques, de l'exploitation des sables bitumineux et de la fonction publique.

Enfin, l'aboutissement des CRTCE est un vibrant appel à prendre des mesures dès maintenant afin que les intervenants de l'industrie puissent établir les capacités nécessaires à un avenir énergétique économiquement concurrentiel et environnementalement adéquat.

Liste des acronymes et des unités

AB	Alberta	CURC	Coal Utilization Research Council
ACC	Association charbonnière canadienne	DGMV	drainage par gravité au moyen de vapeur
AIE	Agence internationale de l'énergie	DOE	Department of Energy américain
AMPCO	Association of Major Power Consumers in Ontario	EC	Environnement Canada
ASRA	Alberta Science and Research Authority	FFTP	fusion du minerai de fer sans traitement préalable
CANDU	réacteur nucléaire CANDU	FI	facteur d'incitation
CCG	cycle combiné de gazéification	g	grammes
CCPC	Canadian Clean Power Coalition	GES	gaz à effet de serre
CCGN	cycle combiné du gaz naturel	GWh	gigawatts/heure
CCSTRM	Carbon Dioxide Carbure and Storage Technology Roadmap	H ₂	hydrogène
CH ₄	méthane	HCN	cyanure d'hydrogène
CNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques	Hg	mercure
CO	monoxyde de carbone	H ₂ S	sulfure d'hydrogène
CO ₂	dioxyde de carbone	kg	kilogramme
CO ₂ e	équivalent de dioxyde de carbone	kt	kilo tonne
COS	sulfure de carbonyle	kWh	kilowattheure
COV	composés organiques volatils	MJ	méga-joule
CP	Charbon pulvérisé	MPa	méga-Pascal
CRTCE	Cartes routières technologiques du charbon écologique	Mt	million de tonnes
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	MW	mégawatts
CSUG	Canadian Society for Unconventional Gas	MW _e	mégawatts électriques
CTEC -Ottawa	Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Ottawa	µg/m ³	microgrammes par mètre cube
		µm	micromètres
		N ₂ O	oxyde nitreux
		N.-B.	Nouveau-Brunswick
		N.-É.	Nouvelle-Écosse
		NH ₃	ammoniaque
		NO _x	oxyde d'azote
		O ₂	oxygène
		OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
		ON	Ontario

ONE	Office national de l'énergie
P_{10}	particule < 10 μm de diamètre
$P_{2,5}$	particule < 2,5 μm de diamètre
R-D	recherche-développement
RNCan	Ressources naturelles Canada
SAGES	<u>S</u> pécifiques, <u>A</u> ppréciables, que l'on peut <u>G</u> énérer, <u>E</u> mpreints de réalisme, <u>S</u> itués dans une période appropriée (objectifs)
SCOPE21	technologie à base de four à super coke
SO_2	Dioxyde de soufre
SO_x	Oxyde de soufre
SK	Saskatchewan
TCE	technologie liée au charbon écologique
UCE	ultra charbon écologique
WCI	World Coal Institute
WCSB	Western Canadian Sedimentary Basin

1. Le charbon écologique – Un avantage canadien

En juillet 2001, on a annoncé le Programme de la Technologie et de l'Innovation sur les changements climatiques (PTICC) comme étant un élément crucial du Plan d'action 2000 sur les changements climatiques du Canada. Dans le cadre du PTICC, on a tout de suite reconnu l'importance d'élaborer une stratégie pour le Canada concernant le charbon écologique à titre d'élément du programme plus large d'énergie écologique. Il a alors été décidé que des cartes routières technologiques seraient dressées pour usage dans la planification initiale du domaine de la technologie liée au charbon écologique, ainsi que pour publication et distribution aux parties intéressées. Un groupe consultatif, constitué d'intervenants du milieu de l'industrie et du gouvernement, s'est vu confier la tâche d'élaborer les présentes Cartes routières technologiques du charbon écologique (CRTCE). Ressources naturelles Canada (RNCan), par l'entremise du Centre de la technologie de l'énergie de CANMET (CTEC – Ottawa), a assuré le soutien et les conditions favorables à l'élaboration du processus qui a mené aux CRTCE.

Le Groupe consultatif a organisé quatre séances de travail et présenté trois ateliers libres pour recueillir les informations nécessaires à l'établissement des CRTCE. Les personnes et les organismes indiqués dans les notes de remerciements ont participé activement à cette entreprise. Les parties intéressées ont fourni des renseignements supplémentaires par l'entremise des ateliers publics.

Pourquoi le charbon écologique ?

Le charbon écologique est stratégiquement important pour le Canada de plusieurs façons. D'abord et avant tout, le Canada (et son plus proche voisin, les États-Unis) jouissent d'abondantes réserves économiques de charbon, sur lesquelles un dynamique secteur de la production d'électricité alimenté au charbon a déjà été développé. L'élaboration d'une technologie liée au charbon écologique (TCE) va permettre d'accroître la valeur de l'industrie actuelle et de contribuer au développement d'autres secteurs qui utiliseront les produits secondaires des installations de TCE, notamment la chaleur, la vapeur, l'hydrogène, les autres matières chimiques et le dioxyde de carbone capturé.

Comme on le souligne dans les sections qui suivent, le charbon demeure la source de combustible la plus abondante actuellement sur le marché, non seulement au Canada mais dans tous les autres pays du monde. Qui plus est, plus de 40 p. 100 des réserves charbonnières se trouve sur le territoire des pays de l'OCDE. En conséquence, l'accès à cette ressource ne constitue pas un des risques habituels à envisager (ce qui place le charbon dans une situation à part par rapport aux autres combustibles fossiles). Le charbon écologique pourrait jouer un rôle important en contribuant, partout au Canada et ailleurs dans le monde, à la production d'électricité à un prix abordable tout en permettant d'atteindre les objectifs fixés sur le plan environnemental.

Les experts en énergie sont d'avis que la demande mondiale d'énergie à base de charbon va s'accroître d'une manière substantielle dans les futures années (AIE, 2004). Ainsi, le développement de la TCE canadienne peut constituer un élément permettant de réduire les émissions de gaz à effet de serre (GES), ici même au pays et à l'échelle internationale, cela à mesure que la technologie et les connaissances développés ici peuvent être transférées dans des endroits où la demande en énergie augmente rapidement, comme en Chine et en Inde (AIE, 2004). Ces pays tendent à bénéficier des transferts technologiques pour réduire la quantité de leurs émissions de GES, consommant leurs ressources plus efficacement et évitant de surutiliser une infrastructure industrielle âgée. En fait, ces pays se concentrent plutôt à développer une

infrastructure moderne et bien articulée pour répondre aux besoins du XXI^e siècle. Au Canada, une nouvelle TCE peut remplacer une infrastructure dépassée en temps adéquat pour s'harmoniser au renouvellement du capital national.

Avec l'accroissement prévu de la demande en énergie en Asie, en Afrique et en Amérique latine, il faut absolument voir à développer la TCE afin de répondre aux besoins énergétiques mondiaux tout en assurant la réduction des émissions atmosphériques, notamment les GES. Les possibilités sont déjà là pour le Canada et les autres pays d'en profiter.

La vision et les objectifs des CRTCE

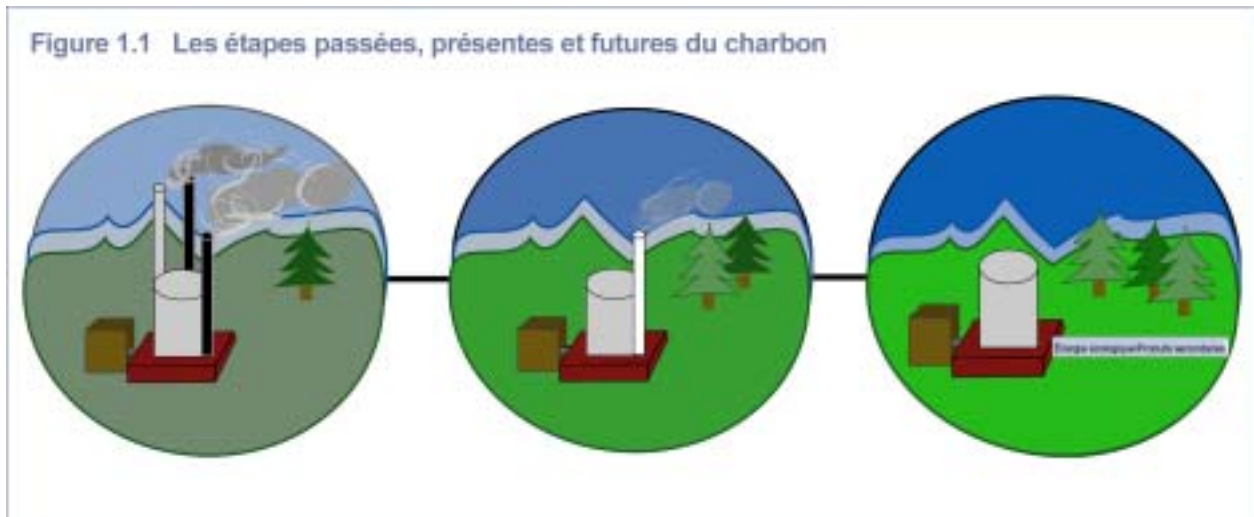
La vision intrinsèque des CRTCE porte sur le secteur canadien de la production de l'électricité, *c'est-à-dire que ce dernier constitue un chef de file pour ce qui est d'adapter et de combiner les techniques et les connaissances en vue d'une utilisation efficace du charbon et des autres combustibles à base de carbone de faible valeur en tant que sources énergétiques pour la production d'électricité, d'hydrogène, de chaleur et de matières chimiques, le tout avec peu ou pas de répercussions environnementales sur la terre, l'eau et l'air.*

Guidé par cette vision, le Groupe consultatif a recommandé que les objectifs ultimes des CRTCE englobent ce qui suit :

- ❑ accélérer le développement de techniques rentables au sein de plusieurs secteurs permettant d'atténuer les émissions de GES et les autres ;
- ❑ établir les fondements intellectuels favorisant les avancées technologiques à long terme ;
- ❑ nouer des alliances et former des partenariats pour faire progresser les programmes de recherche, de développement et de démonstration.

Le Groupe consultatif a déclaré qu'un produit livrable pratique et utile en serait un qui aiderait les intervenants de l'industrie à atteindre les objectifs précédents en fournissant les éléments suivants :

- ❑ une vision relative à la future utilisation du charbon au sein de secteur canadien de production d'électricité (se référer à ce qui précède) ;
- ❑ une description des enjeux et des attentes critiques qui se dressent devant l'utilisation du charbon ;
- ❑ une description détaillée des normes de rendement pertinentes au secteur canadien de production d'électricité ;
- ❑ l'établissement des parcours possibles de la TCE et et la description des faits saillants concernant d'autres activités dans ce domaine à l'échelle internationale qui pourraient profiter au Canada ;
- ❑ un examen des éléments de la technologie et de l'innovation nécessaires pour développer ces parcours au Canada ;
- ❑ des objectifs pour le Canada en matière de TCE et une stratégie permettant d'atteindre ceux-ci ;
- ❑ un calendrier relatif au développement de la technologie accompagné des objectifs recommandés pour la mise en œuvre.



En fin de compte, les présentes cartes routières contribuent à établir un ensemble d'objectifs et une stratégie (appuyés par les intervenants de l'industrie) qui aboutiront à la commercialisation au Canada de la TCE. Elles constituent une source d'information et un outil de planification destinés à aider les membres de l'industrie et du gouvernement à évaluer les techniques de production d'électricité remplies de promesses, en plus de servir de guides pour les décisions qui sont prises actuellement en matière de recherche, de développement et de mise en valeur. L'atteinte des objectifs énoncés à la section 5, *Le charbon écologique au Canada*, résulterait en une économie moins axée sur le carbone et presque dénuée d'émissions atmosphériques pour la production du charbon (se référer à la figure 1.1).

Aperçu des CRTCE

Les renseignements donnés dans les présentes CRTCE sont structurés de la manière suivante :

La prochaine section, intitulée *Le charbon, une proposition de valeur*, illustre le rôle stratégique que va jouer le charbon dans la production d'électricité, tant au Canada qu'à l'extérieur du pays.

La section intitulée *Les enjeux et les attentes* explore l'avenir et donne un aperçu des enjeux environnementaux, réglementaires et politiques, tant actuels que futurs, qui confrontent la TCE. On y donne des renseignements sur les techniques de remplacement pour la production de l'électricité au Canada, notamment celles qui se rapportent à l'énergie nucléaire, au gaz naturel, à l'énergie hydraulique et aux autres énergies renouvelables. Les dernières pages contiennent une liste des exigences prévues au chapitre du rendement du charbon à l'intérieur des périodes visées.

La section intitulée *Les parcours technologiques du charbon écologique* fournit une revue des parcours possibles de la TCE, qu'ils soient en plein développement ou déjà commercialisés sur la scène internationale. On y indique quels sont les programmes internationaux dont pourrait s'inspirer le Canada, en plus d'y présenter des scénarios pour le charbon écologique partout au pays, plus précisément dans les provinces atlantiques, en Ontario, en Saskatchewan et en Alberta.

La section intitulée *Le charbon écologique au Canada* établit les lacunes critiques (au niveau des objectifs SAGES) qui doivent être éliminées avant de commercialiser la TCE au Canada. On y donne des détails sur une stratégie de développement appropriée pour la TCE canadienne, ainsi qu'une évaluation des répercussions éventuelles de son application partout au pays.

2. Le charbon, une proposition de valeur

Le charbon constitue un bien essentiel pour la plupart des pays industrialisés, et il continuera à jouer ce rôle pour un certain temps. Il est également en demande en vue de l'industrialisation continue de pays en développement comme la Chine et l'Inde. Il s'avère, enfin, un élément prédominant dans les approvisionnements en énergie primaire, de même que dans la fabrication de l'acier et dans d'autres procédés industriels. En conséquence, il est indispensable que les répercussions environnementales du charbon puissent être traitées à l'échelle mondiale afin qu'il devienne une option viable pour répondre aux besoins énergétiques et industriels du Canada et des autres pays.

La présente section donne un bref aperçu du rôle joué par le charbon thermique en tant que source d'énergie primaire parce que son utilisation en ce sens constitue la principale raison justifiant le développement de la TCE. Les autres avantages de la TCE, notamment la production d'hydrogène et de matières chimiques, représentent d'importantes facettes du développement de la technologie et sont soulignés tout au long des cartes routières.

Le rôle international du charbon

Dans un passé récent, le besoin d'une énergie sûre et abordable a abouti à la situation où les combustibles fossiles ont représenté 80 p. 100 des approvisionnements énergétiques commerciaux en 2002 (AIE, 2002). L'Agence internationale de l'énergie s'attend à ce que cette proportion grimpe à 82 p. 100 d'ici 2030. La demande mondiale en énergie primaire va s'accroître à un rythme de 1,7 p. 100 par année entre 2000 et 2030, ce qui se traduit par une hausse égale aux deux tiers de la demande actuelle d'ici 2030 (se référer à la figure 2.1).

Le charbon est la source d'énergie classique la plus abondante au monde puisqu'il représente 60 p. 100 des réserves mondiales restantes en

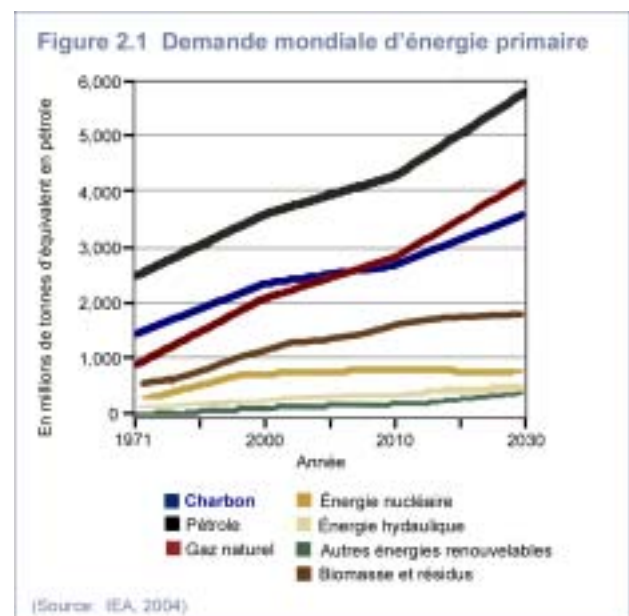
Observations concernant la section

Dans un avenir prévisible, les combustibles fossiles vont demeurer la première source d'énergie du monde et le charbon va garder la première position pour ce qui est la production de l'électricité.

Plusieurs sources d'énergie vont contribuer aux approvisionnements en électricité, toutefois, peu d'entre elles sont aussi abondantes que les ressources houillères.

Des marchés du gaz naturel en pleine ébullition pourraient entraîner la nécessité de devoir compter sur une production davantage axée sur l'alimentation au charbon, ce qui ne sera acceptable que si cette production est rendue possible par la TCE, ainsi que par la capture et le stockage des dioxydes de carbone.

Les principaux enjeux et les forces du marché d'aujourd'hui orientent les choix effectués par les responsables des politiques et par les décideurs, ce qui entraîne le Canada vers un certain parcours en ce qui concerne son futur secteur de l'énergie.



hydrocarbures, ainsi que 91 p. 100 de celles des États-Unis et du Canada combinés (excluant les schistes et les sables bitumineux) (ONE, 2003). L'Agence internationale de l'énergie affirme que les réserves prouvées de charbon du monde, estimées à 907 milliards de tonnes, devraient durer encore 200 ans au rythme actuel de production (AIE, 2004). Les pays de l'Union européenne, l'Australie, les pays de l'ancienne Union soviétique (incluant la Russie et le Kazakhstan), la Chine et l'Inde possèdent tous d'importantes réserves de charbon. Les deux derniers pays ont de grandes populations qui comptent fortement sur le charbon pour produire de l'électricité. La Chine, en particulier, produit 75 p. 100 de son électricité à l'aide du charbon.

De tous les combustibles primaires, la demande en charbon a augmenté la plus rapidement avec un taux de 7 p. 100 en 2003 (AIE, 2004). La Chine présente le plus fort taux de croissance avec 15 p. 100, alors que ce pays représente 31 p. 100 de la consommation totale mondiale de charbon thermique. La demande s'est accrue de 7 p. 100 en Russie et de 5 p. 100 au Japon avec la fermeture de certains réacteurs nucléaires exigeant une plus grande capacité de production de la part des centrales au charbon. Du côté américain, les prix élevés du gaz naturel ont forcé les producteurs d'électricité à se tourner vers le charbon en 2003. Ce pays a donc vu sa demande en charbon thermique s'accroître de 2,6 p. 100.

Les États-Unis, les pays de l'UE, l'Australie et le Japon ayant reconnu la nécessité d'utiliser le charbon comme source d'énergie, ils ont décidé d'investir massivement dans les activités en rapport avec la TCE sur leur territoire. Les responsables de ces pays sont d'avis que le charbon va continuer de constituer une source d'énergie primaire pour la production d'électricité. Selon eux, il s'agit là d'une ressource sûre et stable pour leur pays qui, autrement, serait confronté aux incertitudes et aux irrégularités du pétrole, du gaz naturel et des autres marchés de l'énergie.

Hypothèses clés

Malgré l'augmentation prévue de la demande en énergie nucléaire et en énergies renouvelables, les combustibles fossiles vont permettre de répondre à plus de 85 p. 100 de la hausse mondiale de la demande en énergie dans les 25 prochaines années (AIE, 2004). L'AIE fait les hypothèses suivantes en ce qui concerne chacune des sources d'énergie primaire :

- ❑ La consommation de pétrole va presque doubler entre maintenant et 2030, stimulée principalement par les secteurs des transports et de la production de l'électricité. Le pétrole va demeurer le combustible le plus échangé sur les marchés, tandis que les importations peuvent représenter jusqu'à 57 p. 100 de la consommation en Amérique du Nord (aux États-Unis et au Canada) d'ici 2030. La demande va augmenter le plus rapidement dans les pays en développement. Toutefois, l'escalade des prix du brut va forcer les consommateurs à envisager d'autres options pour satisfaire leurs besoins énergétiques.
- ❑ La demande en gaz naturel va doubler entre maintenant et 2030, en grande partie à la suite de la hausse de la demande en provenance de l'Afrique, de l'Amérique latine et de l'Asie. La nouvelle production d'électricité va représenter plus de 60 p. 100 de cette augmentation. Les centrales de transformation de matières gazeuses en matières liquides devraient faire leur apparition comme nouveaux centres majeurs d'approvisionnement en Russie et au Moyen-Orient. Le gaz naturel liquifié constituera, d'ici 2030, plus de la moitié de tout le gaz échangé sur les marchés. Récemment, les approvisionnements nord-américains ont exercé d'importantes pressions haussières sur les marchés gaziers locaux, mais ces pressions, le cas échéant, devraient se calmer si les investissements nécessaires étaient effectués dans l'infrastructure s'y rapportant.
- ❑ L'énergie nucléaire a été caractérisée par le déclin dans les récentes années. Le retrait des centrales existantes a signifié une baisse de 2 p. 100 dans l'énergie nucléaire. En termes

absolus, les capacités nucléaires vont augmenter d'ici 2030, toutefois, la part globale de l'énergie nucléaire dans les réserves énergétiques va décroître. On a récemment constaté un regain d'intérêt pour l'énergie nucléaire en raison de sa presque absence d'émissions et du rôle qu'elle pourrait jouer dans la sécurité des approvisionnements énergétiques. En raison des forces motrices diverses, il n'y a que peu de certitudes autour du rôle que l'énergie nucléaire va jouer dans les futurs approvisionnements énergétiques.

- ❑ Les énergies renouvelables regroupent une gamme de sources énergétiques, notamment l'énergie hydraulique (à petite et à grande échelle), la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie solaire. Malgré certaines limites liées aux capacités géographiques, il est probable que certains nouveaux emplacements hydro-électriques seront développés. L'énergie éolienne et les systèmes photovoltaïques sont les éléments d'énergies renouvelables qui se développent le plus rapidement, quoique la biomasse demeure la plus grande source commerciale du monde. Les énergies renouvelables vont continuer à croître rapidement mais ne jouer qu'un rôle limité dans les approvisionnements énergétiques mondiaux d'ici 2030.
- ❑ Le recours au charbon va augmenter et demeurer la source d'énergie primaire pour la production de l'électricité en 2030. La plus grande partie de cette croissance va se manifester dans les pays d'Asie en développement. La Chine et l'Inde réunis vont représenter 68 p. 100 de la croissance totale mondiale. Une part atteignant 40 p. 100 des réserves mondiales de charbon se retrouve dans les pays de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). En conséquence, le charbon est considéré comme étant relativement accessible par rapport aux autres combustibles fossiles qui reposent en plus grande partie dans des régions politiquement instables du Moyen-Orient et de l'Asie centrale. L'AIE insiste sur le fait que l'avenir du charbon dans les pays de l'OCDE se fondera dans une grande mesure sur les politiques liées aux changements climatiques, ainsi que sur le développement et la mise en valeur d'une TCE avancée.

Rôle du charbon à l'échelle nationale

Point de vue actuel

Les avantages intrinsèques des combustibles fossiles, comme leur accessibilité, leur compétitivité économique et leur facilité de transport, expliquent pourquoi ceux-ci représentent près de 75 p. 100 des approvisionnements en énergie primaire du Canada (96 p. 100 en Alberta et 93 p. 100 en Saskatchewan) (ONE, 2003 ; RNCAN, 1999). Le charbon joue un rôle très important en injectant 5 milliards de dollars par année dans l'économie canadienne. Le secteur charbonnier assure le soutien de 56 000 emplois directs et indirects au Canada, notamment pour les conducteurs d'équipement, les commerçants et les professionnels comme les géologues, les ingénieurs, les comptables et les gestionnaires. Le charbon est un bien intérieur de valeur pour usage au Canada et pour exportation. Il sert à la production thermique d'électricité, à des fins métallurgiques et à d'autres procédés industriels.

En 2001, le Canada a récolté un total de 41,75 millions de tonnes (Mt) de charbon thermique (bitumineux, subbitumineux et lignite) pour la production d'électricité (ACC, 2005). De ce total, 3 Mt ont fait l'objet d'exportations, alors que le reste, auquel s'ajoute les charbons importés (qui représentent un total de 60 Mt), ont servi à produire de l'électricité dans six provinces du Canada. Une estimation des réserves récupérables à l'échelle nationale a été réalisée pour la dernière fois en 1987. En déduisant de cette estimation le volume de charbon produit depuis ce temps, on peut estimer les réserves canadiennes restantes à 6,20 milliards de tonnes, dont 4,60 milliards sont constituées de charbons thermiques (ONE, 2003). Il faudra plus de 100 ans de production aux

rythmes d'extraction actuels pour épuiser ces réserves, comparé à 8 ans pour les réserves de pétrole et 9 ans pour les réserves de gaz naturel au Canada (ONE, 2003). Les ressources mesurées, indiquées et inférées qui restent devraient durer encore des centaines d'années. Le charbon est, de loin, la ressource canadienne en combustibles fossiles la plus importante (comme l'indique la figure 2.2).

La contribution du charbon à la production d'électricité au Canada est de 18 p. 100 environ, par rapport à 54 p. 100 aux États-Unis et 36 p. 100 dans le reste du monde (se référer à la figure 2.3).. En raison de la proportion relativement élevée d'hydro-électricité, l'intensité des émissions de GES découlant de la production d'électricité au Canada s'avère plutôt faible avec 223 g/kWh. Cette intensité risque de s'accroître, alors que le Canada devient de plus en plus dépendant des combustibles fossiles, à moins que la promotion d'une technologie ne présentant que peu ou pas d'émissions ne prévaille.

L'ensemble des combustibles utilisés pour la production d'électricité au Canada varie d'une région à l'autre du pays, alors que six provinces présentent des capacités totales de 16 985 MW par alimentation au charbon. Le tableau 2.1 illustre bien cette disparité partout au pays, alors qu'un faible 7 p. 100 de la production d'électricité au Manitoba dépend du charbon contre un taux élevé de 67 p. 100 en Alberta. Les provinces riches en hydro-électricité, comme la Colombie-Britannique, le Québec et Terre-Neuve, ne présentent aucune capacité de production à l'aide du charbon sur leur territoire en raison de l'abondance des ressources hydrauliques. Ces situations régionales, de même que les forces du marché en présence au moment de la construction des centrales, expliquent la variabilité que l'on retrouve aujourd'hui au Canada.

Futur bilan énergétique du Canada

Les experts de RNCan prévoient que la position du charbon va reculer d'une façon uniforme à partir de maintenant jusqu'en 2020 (se référer à la figure 2.4). Leurs prévisions se fondent sur deux hypothèses principales. D'une part, on suppose que les politiques actuelles de l'énergie et de l'environnement (à l'échelle fédérale et

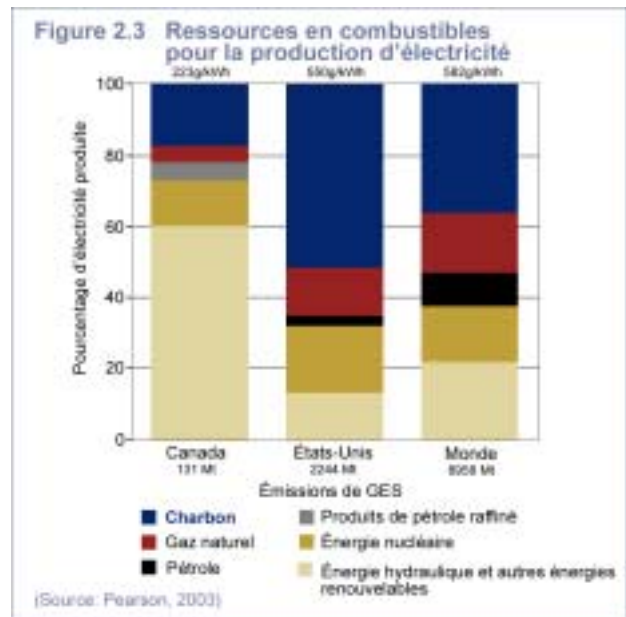
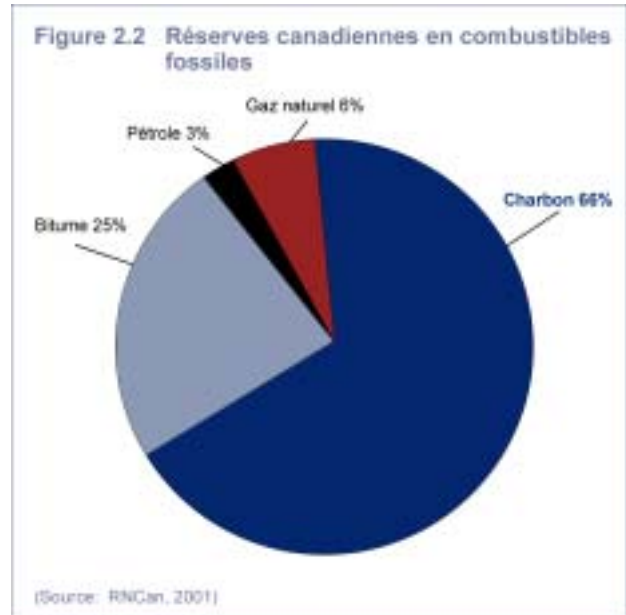


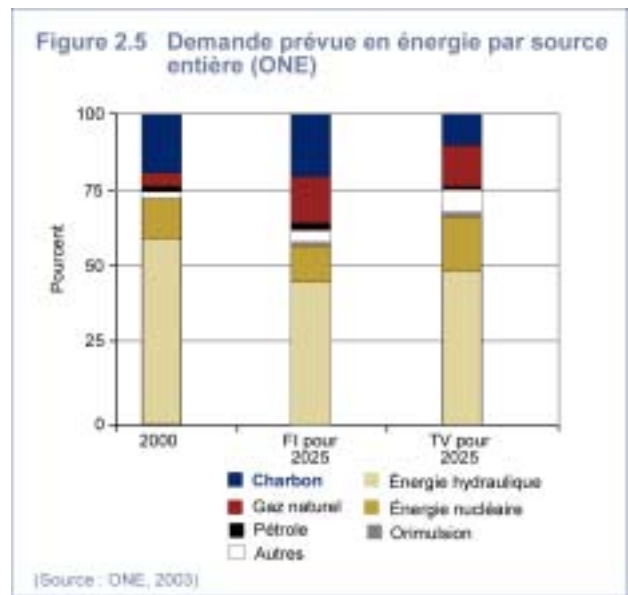
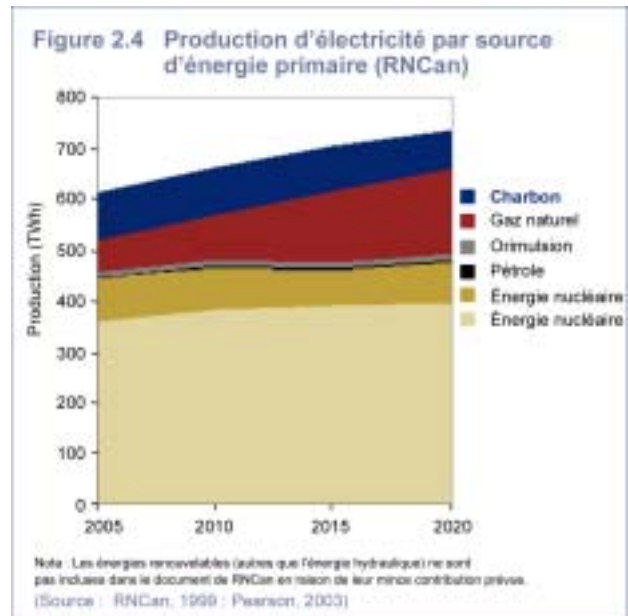
Tableau 2.1 Capacités de production du charbon par province

Province	MW	% des ressources énergétiques
Nouvelle-Écosse	1,240	60
Nouveau-Brunswick	537	19
Ontario	7,561	29
Manitoba	237	7
Saskatchewan	1,524	57
Alberta	5,786	67
Canada	16,985	18

provinciale) vont se maintenir pendant un certain temps, et qu'il n'y aura aucune nouvelle politique de mise en application. D'autre part, on est d'avis que la nouvelle demande sera, en grande partie, satisfaite à l'aide d'une alimentation au gaz naturel.

Les scénarios étudiés par l'Office national de l'énergie laissent entrevoir une issue sensiblement différente (se référer à figure 2.5). Toutefois, on y retrouve toujours des indications d'une demande accrue en combustibles fossiles. Cet examen aboutit à l'établissement de deux scénarios concernant l'évolution des capacités de production d'électricité au Canada jusqu'en 2025. D'abord, un scénario de Facteur d'incitation (FI) caractérisé par des avancées technologiques et des actions limitées sur le plan environnemental ; ensuite, un scénario de Techno-vert (TV) qui englobe de rapides avancées technologiques et la préférence de la société pour des combustibles plus écologiques. Certaines prévisions de ce rapport sont semblables à celles de RNCan, comme celle de la production alimentée au gaz naturel devenant la principale source des nouvelles capacités en électricité au Canada. Le scénario de FI indique une demande accrue en charbon thermique (jusqu'à 90 Mt/année d'ici 2025), alors que de nouvelles centrales au charbon sont construites en Ontario¹¹ et dans l'Ouest canadien. Avec le scénario de TV, la production avec alimentation au charbon augmente sensiblement mais la production houillère globale décline. Cette situation est causée par la demande réduite en chaleur découlant de la mise en fonction de nouvelles unités au charbon à haut rendement énergétique qui font appel à des éléments de la TCE, comme le cycle combiné de gazéification (CCG) et la combustion ultra-supercritique (CUS).

Le scénario de FI contient l'hypothèse d'une sévère pénurie de gaz naturel canadien à bas prix et, par conséquent, d'une dépendance plus grande à l'égard du charbon. Il s'agit là d'un point de vue révélateur parce qu'il est cohérent avec le tableau de l'offre et de la demande prévues pour le gaz naturel en Amérique du Nord. Selon une étude de marché, il y aurait 280 000 MW d'électricité découlant de nouvelles capacités au gaz naturel construites aux États-Unis entre 2000 et 2015, ce qui entraînerait d'importantes pressions haussières sur les prix du gaz naturel et des



¹ L'Ontario a, depuis, rendu publics des plans relatifs au retrait graduel du charbon d'ici 2007 (on traitera davantage de cette question dans les sections subséquentes).

retombées à long terme sur les marchés nord-américains de ce produit (société RDI Consulting, 2001).

Que l'on considère les prévisions de RNCAN ou les analyses des scénarios élaborés par l'ONE, un point important de conclusion s'impose, à savoir que la demande en électricité produite par combustibles fossiles ne peut que s'accroître au Canada.

D'autre part, les forces du marché indiquent actuellement que les ressources en gaz naturel de l'Amérique du Nord ne suffiront pas à répondre à la demande (on traitera davantage cette question dans la section suivante). Malgré le fait que l'AIE souligne que le GNL pourra servir à répondre à la demande mondiale (et donc à celle de l'Amérique du Nord) dans l'avenir, cette assertion s'appuie fortement sur l'hypothèse que d'importants investissements seront faits dans les infrastructures, tant en Amérique du Nord que dans les principales régions d'approvisionnement en gaz naturel telles que celles de la Russie et du Moyen-Orient. En conséquence, on présume que des investissements seront faits dans des régions instables sur le plan politique, lesquelles sont enclines à être l'objet de ce genre d'incertitudes qui rendent les investisseurs nerveux.

Résumé de la section

Le charbon et les autres combustibles fossiles sont des biens essentiels, tant au Canada que dans les autres pays. Le charbon permet actuellement la production d'une substantielle part de l'électricité au Canada et occupe même une position encore plus dominante à l'intérieur des réserves énergétiques d'autres pays qui comptent parmi les plus importants du monde.

D'autres sources d'énergie vont jouer un grand rôle dans l'avenir énergétique du monde. Il est toutefois difficile de déterminer une option qui pourrait remplacer le charbon dans les prochaines décennies en raison des coûts (et dans certains cas, des risques) se rapportant au développement des solutions de rechange. Le charbon est le combustible fossile le plus abondant et le mieux réparti géographiquement dans le monde, et il sera utilisé pour produire de l'électricité bien avant dans l'avenir.

La demande en énergie en Amérique du Nord va croître dans les prochaines années. De plus, si la demande en gaz naturel s'accroît autant que prévu, il y aura d'importantes pressions haussières sur les prix du gaz naturel sur notre continent. On prévoit que ces pressions vont pousser les producteurs d'électricité du Canada à rechercher d'autres combustibles que le gaz naturel. En conséquence, il est urgent de développer et de commercialiser la technologie liée au charbon technologique, ainsi que les procédés de capture et de stockage du dioxyde de carbone. En contrepartie, ces mesures permettront d'augmenter la valeur actuelle des ressources canadiennes qui sont abondantes et à bas prix. Toutefois, on ne peut affirmer suffisamment combien l'avenir du charbon se fonde sur la capacité de développer des techniques aptes à assurer la mise sur pied au Canada d'une véritable industrie du charbon écologique.

Ce qui pourrait déterminer le succès du charbon écologique au Canada demeure toujours les questions reliées aux régions (comme les coûts énergétiques, la sécurité des approvisionnements et les préoccupations environnementales) qui guident les responsables des politiques et les décideurs dans leurs choix. Une des principales contraintes aujourd'hui est l'absence de sensibilisation du public concernant le charbon écologique, les techniques de capture et de stockage des dioxydes de carbone, ainsi que leurs capacités à solutionner les problèmes énergétiques et environnementaux du Canada à un prix abordable.

3. Les enjeux et les attentes

Le charbon est placé devant plusieurs enjeux auxquels il faut faire face pour qu'il devienne une réussite en tant que source viable de combustible destinée à la future production d'électricité. Parmi ces enjeux, on retrouve les pressions exercées dans les domaines environnemental, réglementaire et politique, en plus de la possibilité d'une certaine concurrence en provenance d'autres sources d'énergie.

La présente section jette un regard prospectif sur la situation afin d'obtenir un aperçu des enjeux qui s'offriront au charbon en ce qui concerne le réglementation environnementale pendante et les futures politiques dans ce domaine. De même, cette section fournit une évaluation des options technologiques de remplacement ou concurrentielles à la production au charbon de l'électricité sur le territoire canadien. La sous-section finale décrit les exigences prévues en matière de rendement économique et environnemental de la technologie liée à l'alimentation au charbon, ainsi que le calendrier des principales étapes et des échéances relatives aux produits livrables en vue du développement de la TCE.

Observations concernant la section

Les attentes influent sur le développement de normes environnementales plus contraignantes pour les producteurs au charbon. Parmi celles-ci, on retrouve des normes concernant la réduction des émissions de gaz à effet de serre étalées dans le temps.

Malgré la concurrence offerte par les autres sources d'énergie, le charbon va continuer à jouer un rôle prépondérant dans les approvisionnements énergétiques du Canada en raison de son prix abordable et de la sécurité qu'il présente en tant que ressource.

Le profil relatif aux capacités actuelles du Canada en matière d'alimentation au charbon entraîne la nécessité d'un taux élevé de remplacement dans l'avenir, ce qui se traduit par des possibilités offertes à la TCE en tant qu'option concurrentielle sur le plan économique et environnemental

Les enjeux environnementaux

Les nouvelles centrales au charbon font déjà appel à des techniques novatrices dans le but de réduire les répercussions environnementales sur la terre, l'eau et l'air. Bien des problèmes environnementaux sont déjà solutionnés grâce à de nouvelles techniques, de nouvelles pratiques et de nouvelles procédures, de même que des normes industrielles plus exigeantes. Parmi ces problèmes résolus, on retrouve ce qui suit : le contrôle des répercussions causées par les effluents miniers sur les eaux souterraines ; la remise en état des terrains dans les exploitations minières de surface ; le contrôle des poussières diffuses dans les transports ; la gestion des bassins d'élimination des réactifs et de stockage des résidus pour les centrales de préparation du charbon ; la gestion des déchets solides tels que les cendres et les matières solides de dépoussiérage.

Des réductions considérables dans les émissions atmosphériques ont déjà été obtenues dans les centrales existantes. Néanmoins, il faudra d'autres réductions des émissions si l'on veut continuer à atténuer les répercussions environnementales d'éléments tels que les pluies acides, le smog, les particules, les toxiques atmosphériques et les changements climatiques. Les émissions atmosphériques sont l'un des principaux facteurs qui justifient la mise au point aujourd'hui d'une TCE.

Des émissions atmosphériques réglementées

Les émissions atmosphériques réglementées dans le secteur de la production de l'électricité englobent les oxydes d'azote (NO_x), les oxydes de soufre (SO_x), les éléments organiques volatils (EOV) et les particules de moins de 10 micromètres de diamètre (P₁₀). Dans un avenir pas trop éloigné, les émissions de mercure (Hg) et les P_{2,5} compteront parmi les émissions réglementées du secteur de la production de l'électricité. De petites quantités de métaux toxiques (comme de l'arsenic, du cadmium, du chrome et du nickel) sont également relâchées dans l'atmosphère au cours de la production au charbon, ce qui constitue un autre souci public. Les principales questions d'ordre environnemental se rapportant à la réglementation des émissions atmosphériques sont traitées dans le tableau 3.1.

Les émissions transfrontalières (entre la frontière américaine et la frontière canadienne), de même que les émissions du secteur industriel et du secteur des transports, contribuent également d'une manière substantielle aux problèmes d'émissions atmosphériques sur le territoire canadien, en particulier dans la partie est du Manitoba. Les programmes canadiens de recherche et de surveillance des pluies acides démontrent que la moitié des dépôts annuels de soufre et d'azote sur le territoire canadien proviennent de sources américaines (Canadian Geographic, 2000). Donc, les possibilités pour le Canada de demeurer en deçà des seuils éventuellement établis concernant les pluies acides, le smog, les particules, la couche d'ozone et les concentrations de mercure dépendront des installations américaines. Qui plus est, toute solution effective à ces problèmes ne réside pas seulement dans l'amélioration du rendement propre aux producteurs par combustibles fossiles, mais également dans celui du secteur industriel et du secteur des transports. En effet, une portion seulement des émissions réglementées au Canada provient de la production d'électricité : 20 p. 100 des émissions de SO_x, 11 p. 100 des émissions de NO_x, 13 p. 100 des particules et 26 p. 100 des toxiques en découlent (EC, 2005).

Des relations compliquées et complexes existent entre les émissions réglementées et entre les émissions de GES, ce qui ajoute aux difficultés de traiter celles-ci. Ainsi, par exemple, les émissions de dioxyde de soufre (SO₂) contribuent directement à la constitution des pluies acides et, en raison de la formation de particules secondaires, au smog et aux toxiques atmosphériques. Le NO_x, quant à lui, contribue directement aux pluies acides et indirectement au smog. Étant donné ces relations complexes, la législation qui vise à gérer les répercussions découlant des émissions est également complexe. Le tableau 3.1 présente les émissions atmosphériques qui sont directement à l'origine de chaque répercussion. En dépit de toute cette complexité, la vérité toute simple demeure que la production de l'électricité à base de combustibles fossiles est un des principaux éléments qui contribuent aux émissions atmosphériques et l'industrie doit se pencher sur ce problème si elle veut assurer son avenir.

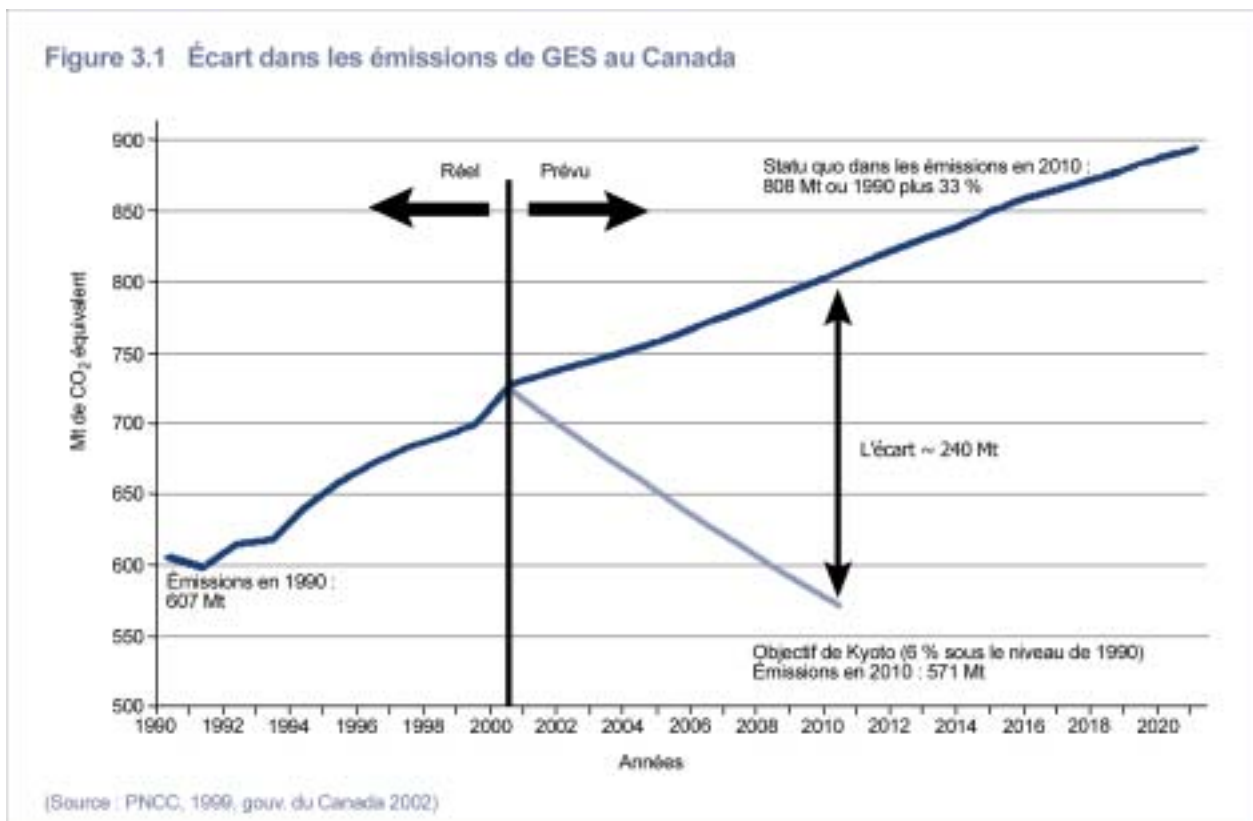
Le dioxyde de carbone et les gaz à effet de serre

Le dioxyde de carbone (CO₂) constitue le principal gaz à effet de serre (GES) produit durant la combustion ou la gazéification du charbon. Toutefois, le méthane (CH₄) est un autre GES dégagé

Questions et législation environnementales	Emissions provoquant des répercussions environnementales
Pluies acides Législation pendante Seuls environnements de charges critiques pour les dépôts acides. Les provinces susceptibles d'être touchées sont l'Ontario, le Québec, le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse.	SO ₂ , NO _x
Smog (Particules (P) et ozone) Législation pendante - P _{2,5} 30 µg/m ³ (24 heures en moyenne) à la grandeur du Canada d'ici 2010 - Ozone 654 ppb (8 heures en moyenne) à la grandeur du Canada d'ici 2010 - Stratégie de réduction de plusieurs polluants à la grandeur du Canada d'ici 2010 - NO _x transfrontalier (39 kt de CP en Ontario et 5 kt de CP au Québec) d'ici 2007	NO _x , P
Toxines Législation pendante De 69 à 90 % de réduction en négociation	P, Hg
Changements climatiques Législation pendante Réduction des émissions de GES en négociation	CO ₂ , N ₂ O
* Le SO ₂ et le NO _x contribuent indirectement à la formation de smog et de toxines atmosphériques en produisant des particules secondaires.	

dans les opérations minières relatives au charbon. L'oxyde d'azote (N₂O) est un autre GES qui accompagne la production d'électricité dans certaines conditions en rapport avec la combustion.

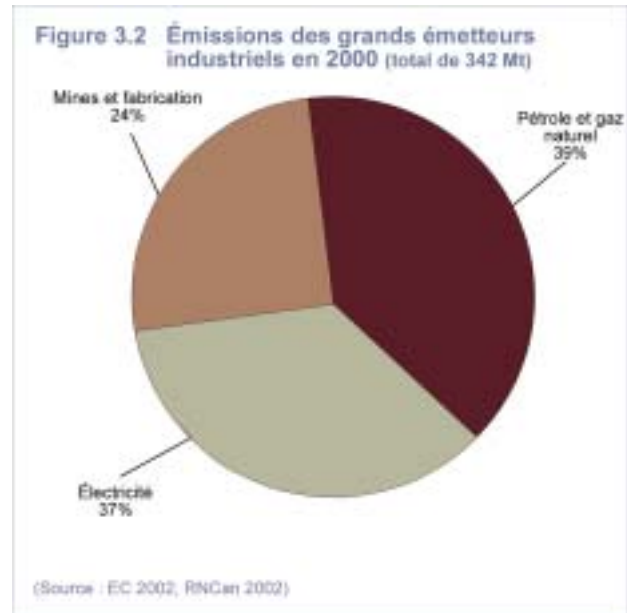
Les GES sont un sujet de préoccupation parce qu'ils sont à l'origine des changements climatiques dans le monde. À mesure que les concentrations de GES augmentent dans l'atmosphère, l'effet de serre (ou le réchauffement global) se fait sentir sur la planète. Les GES ne comptent actuellement pas parmi les polluants atmosphériques qui font l'objet d'une réglementation au Canada, mais cette situation est en train de changer. Le Canada, en ratifiant le Protocole de Kyoto à l'intérieur de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC), s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre à un niveau inférieur de 6 p. 100 par rapport au niveau de 1990 pour la période s'échelonnant de 2008 à 2012. Toutefois, l'écart entre l'objectif du Canada pour Kyoto et le scénario du maintien du statu quo (se référer à la figure 3.1) s'est élargi au cours des récentes années. On estime que pour la période s'échelonnant de 2008 à 2012, l'écart se situera à 240 Mt ou plus d'équivalent en émissions de CO₂ (CO₂e) si des mesures et des programmes adéquats de réduction ne sont pas mis en place. La difficulté pour le Canada est de trouver comment réduire ces émissions tout en atténuant les conséquences économiques négatives de celles-ci. Dans un monde idéal, les conséquences négatives seraient limitées, alors que des retombées positives découleraient du développement de la technologie et des connaissances, ce qui se traduirait par un marché canadien plus novateur et plus compétitif.



Les producteurs ayant recours au charbon font partie intégrante du groupe des *grands émetteurs finaux* à RNCan. Selon les prévisions qui sont faites, ces derniers pourraient être responsables de plus de la moitié des émissions de GES au Canada d'ici 2010. En conséquence, on demande aux entreprises qui entrent dans cette catégorie de réduire, collectivement, leurs émissions de 55 Mt de CO₂e par année dans la période 2008-2012 (Gouvernement du Canada, 2002). Ce chiffre a été l'objet de vifs débats depuis 2002 et certaines indications laissent entendre qu'il pourrait être réduit à 37 Mt. Néanmoins, l'industrie devra réduire la quantité de ses émissions dans la période de Kyoto et dans toutes les autres périodes subséquentes d'engagements pris à cet égard.

Dans le groupe des *grands émetteurs finaux*, la quantité des émissions produites se répartit en fonction de ce qui est indiqué à la figure 3.2. La production de l'électricité, responsable de 17 p. 100 du total des émissions de GES au Canada, représente 37 p. 100 de la part des émissions provenant de ces grands émetteurs (EC, 2002). Dans le groupe des *grands émetteurs finaux*, la production thermique de l'électricité s'avère le plus important secteur industriel à la source des émissions de gaz à effet de serre, alors que les centrales alimentées au charbon produisent la majorité de celles-ci.

Les objectifs de réduction liée aux émissions de gaz à effet de serre pour tous les secteurs placés dans le groupe des *grands émetteurs finaux* ont été établis à l'intérieur d'ententes formelles et volontaires conclues entre le gouvernement et l'industrie, ententes prévoyant une conformité à la réglementation et des pénalités financières dans le cas contraire. Le gouvernement disposera de filets de sécurité propres à chaque secteur au cas où les ententes formelles ne seraient pas respectées. Seule l'industrie de l'acier a, jusqu'ici, signé de telles ententes portant sur la réduction de la quantité de ses émissions. On a examiné tout un ensemble d'options concernant la production de l'électricité, en particulier l'établissement d'un objectif national en matière d'émissions liées à la production thermique,



d'objectifs provinciaux et territoriaux dans le même domaine, ainsi que d'objectifs généraux pour les centrales thermiques complètement neuves ou presque en fin de cycle de vie utile (Buckley, 2004).

Dans toutes ces discussions, les producteurs à base de combustibles fossiles représentent des éléments dont il faut tenir compte puisque que ceux-ci sont les sources où il est possible de procéder à des coupures significatives dans les émissions de CO₂. D'autre part, le charbon constitue de tous les combustibles fossiles celui qui produit le plus d'émissions. Finalement, les grandes sources fixes de production (telles que les centrales thermiques) sont généralement considérées comme étant les endroits les plus propices à la modernisation des installations, particulièrement sur le plan de la rentabilité en raison de leurs échelles de grandeur. Conséquemment, il est essentiel de développer et de mettre en valeur la TCE afin de réduire les émissions de gaz à effet de serre provenant du charbon. La capture et le stockage du carbone demeurent deux importants volets de la TCE car ils rendront possible l'élimination presque totale des émissions provenant de la production de l'électricité à partir de combustibles fossiles. À ce titre, la capture et le stockage du carbone sont des éléments incontournables des présentes Cartes routières, et l'on s'est efforcé de faire tous les liens possibles avec une autre activité de cartes routières menées simultanément dans ces deux domaines (dans les sections subséquentes, on traitera plus abondamment des cartes routières technologiques de la capture et du stockage du carbone).

Les entreprises du groupe des *grands émetteurs finaux* seront sans doute à même de faire appel à un certain nombre de mécanismes flexibles pour atteindre les objectifs qu'elles se sont fixés en matière d'émissions de gaz à effet de serre. Parmi ceux-ci, on retrouve les échanges et les contreparties relatifs aux émissions à l'intérieur du territoire canadien, de même que les mécanismes internationaux mis sur pied dans le cadre du Protocole de Kyoto (tels que les marchés mondiaux du carbone, le Mécanisme de développement propre et la Mise en œuvre conjointe).

Dans le but de faire face à la situation, les membres du secteur canadien de l'électricité ont suggéré l'élaboration de la Norme d'équivalence de rendement en matière d'émissions (NERE) comme point de départ aux discussions sur les centrales thermiques complètement neuves ou presque en fin de cycle de vie utile. Ils ont alors proposé que les centrales alimentées au charbon visent un taux d'intensité des émissions équivalent à celui d'une centrale à cycle combiné de gaz naturel. Les éléments propres à la NERE englobent ce qui suit : les nouvelles installations devront se conformer ou excéder la norme prescrite ; il en va de même pour les installations d'au moins 40 ans ; les installations de moins de 40 ans en seront exclues. Les membres du secteur sont d'avis que l'application de la NERE aboutirait à des réductions de plus de la moitié dans les émissions nettes de CO₂ produites par les centrales au charbon.

Les solutions de rechange concurrentielles au charbon

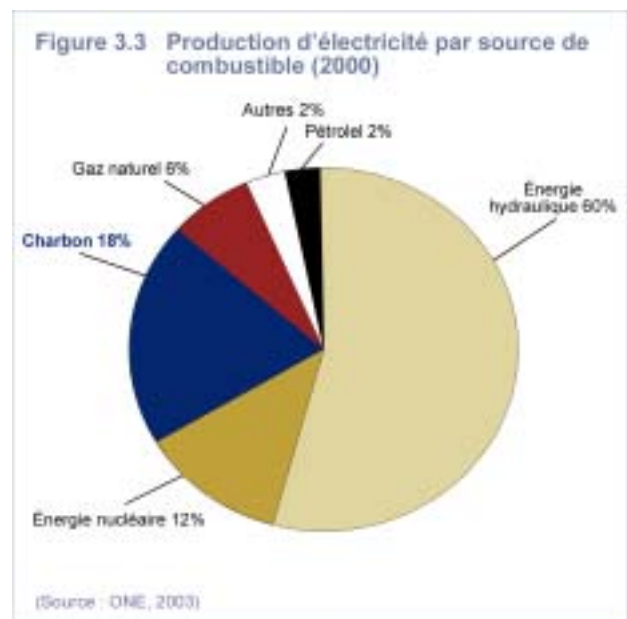
Plusieurs solutions de rechange viennent concurrencer le charbon en tant que source de combustible pour la production de l'électricité et il est évident qu'un certain nombre d'entre elles occuperont une grande place à l'intérieur des futurs approvisionnements en énergie. Actuellement, les approvisionnements du Canada sont constitués en majorité d'énergie hydraulique, suivi du charbon et de l'énergie nucléaire qui composent la plus grande partie du reste (se référer à la figure 3.3). Dans les pages qui suivent, on examine les principales sources d'énergie primaire pour l'avenir du Canada.

Le gaz naturel

Le gaz naturel a représenté la source privilégiée de combustible pour les nouvelles centrales électriques construites dans les régions du Canada central et de l'Ouest, cela en dépit du fait qu'il s'agit de l'option d'alimentation la plus dispendieuse. Au Canada, la technologie liée à l'alimentation au gaz naturel a connu la croissance la plus rapide parmi toutes celles se rapportant à la production de l'électricité. Selon l'Office national de l'énergie (2003), celle devrait s'accroître, passant de 5 p. 100 de l'ensemble des combustibles qu'elle était en 2000 pour atteindre de 12 à 18 p. 100 en 2025 (dépendant des scénarios adoptés).

Parmi tous les combustibles fossiles, le gaz naturel est le plus écologique puisqu'il ne produit que peu d'émissions de SO_x, de NO_x, de particules et de toxiques, ainsi que relativement peu d'émissions de gaz à effet de serre. En fait, les émissions de gaz à effet de serre d'une centrale alimentée au gaz naturel sont moitié moindres que celles d'une centrale équivalente alimentée au charbon (se référer au tableau 3.2). Les centrales alimentées au gaz naturel sont relativement aisées à construire et prennent moins de temps à mettre en fonction que d'autres grandes installations (surtout les installations nucléaires ou hydro-électriques).

Les centrales alimentées au gaz naturel offrent d'autres avantages par rapport à celles au charbon. Par exemple, elles exigent moins de capitaux et de temps pour la construction. Le transport du gaz naturel est simple puisqu'il se fait par pipelines et ne comporte à peu près aucun risque. Sur place, il n'y a aucune préparation, aucun stockage et aucune élimination de déchets solides avec le gaz naturel puisque tout le traitement nécessaire a déjà été fait avant la livraison. Le traitement et la



préparation du charbon se font sur place au sein des installations de production de l'électricité, ce qui explique en partie l'écart qui caractérise les émissions produites par les deux combustibles. Dans le cas du charbon, plus de 97 p. 100 des émissions de CO₂ interviennent à la centrale électrique, alors que dans le cas du gaz naturel, près de 25 p. 100 des émissions interviennent en amont. Ainsi, une analyse exhaustive du cycle de vie constitue la meilleure mesure de comparaison entre les diverses techniques à base de combustibles fossiles (se référer au tableau 3.2). Cependant, même en tenant compte d'une analyse du cycle de vie, le gaz naturel produit moins d'émissions de gaz à effet de serre que le charbon. Une des raisons qui justifient l'attribution d'un profil à faibles émissions pour le gaz naturel demeure son efficacité au chapitre de la production d'électricité. En effet, le gaz naturel offre une efficacité de 48 à 52 p. 100 contre une efficacité de 35 à 43 p. 100 pour le charbon.

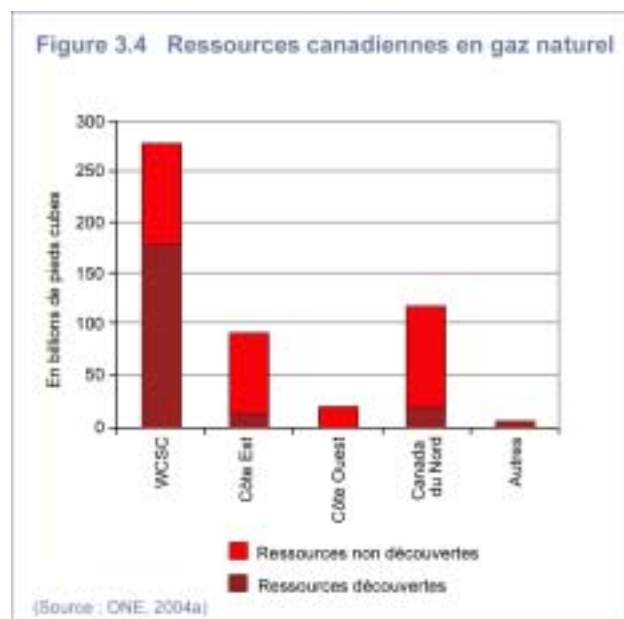
Tableau 3.2 Analyse du cycle de vie des émissions de CO₂

Systèmes	g-CO ₂ e/kWh	Sources des émissions (en % du total des émissions)			
		Exploitation minière de surface	Carburants	Sous-systèmes de centrales électriques	
Charbon Nouvelles normes de rendement à la source	941	0.9	1.7	97.4	
Charbon Systèmes à base de chaudières à faibles émissions	741	1.0	1.8	97.2	
		Construction de pipelines	Production et distribution	Production d'ammoniaque	Sous-systèmes de centrales électriques
Gaz naturel Cycle combiné	499	0.4	24.9	0.1	74.6

(Source : Spath et Mann, 2000; Spath, Mann et Kerr, 1999)

Au Canada, la plus grande partie de la production canadienne de gaz naturel provient des tronçons occidentaux du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien. L'Alberta fournit 83 p. 100 de cette production, la Colombie-Britannique 13 p. 100 et la Saskatchewan 4 p. 100. On a également découvert de grandes réserves de gaz naturel au large des côtes de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve. Dans le cas des bassins frontaliers, lesquels ne sont l'objet d'aucun plan immédiat de production, on retrouve ceux de la mer de Beaufort, du delta du Mackenzie, des îles arctiques, du Labrador et des Grands Bancs. La figure 3.4 illustre le total des ressources découvertes et non découvertes au Canada.

Outre ces ressources, le potentiel offert par certains gaz non classiques, comme le méthane houiller, demeure substantiel. Selon la Canadian Society for Unconventional Gas (CSUG), les ressources totales du Canada en gaz non classiques sont estimées entre 182 et 553 billions de pieds cubes, dont 96 p. 100 se trouve dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien en Alberta et en Colombie-Britannique (CSUG, 2004). Si ces ressources naturelles étaient l'objet d'une production, elles représenteraient une augmentation des réserves canadiennes totales en gaz naturel se situant entre 36 et 110 p. 100.



La production de gaz naturel classique au Canada a déjà atteint son point culminant et, même si l'arrivée des gaz non classiques est importante, elle ne pourrait sans doute que retarder jusqu'à la fin de la décennie le sommet de la production. La baisse dans la production après ce sommet sera fonction de la possibilité d'accroître ou d'améliorer la récupération du gaz naturel au moyen de la nouvelle technologie de la même façon que la récupération assistée du pétrole. Le facteur décisif demeure le fait que le Canada est de plus en plus limité par ses approvisionnements en gaz naturel.

Le gaz naturel liquifié en provenance d'outre-mer pourrait permettre de contrer certaines de ces baisses et aider à revigorer les anciennes centrales au pétrole du Canada atlantique. Comme souligné précédemment, l'Agence internationale de l'énergie met beaucoup l'accent sur les exportations de gaz naturel liquifié en provenance de Russie et du Moyen-Orient pour répondre à la demande nord-américaine. Cependant, la réalité qui fait jour demeure les pressions à la hausse sur les prix du gaz naturel en Amérique du Nord et l'incertitude quant au désir des Nord-Américains de se fier aux livraisons en provenance de ces deux coins du monde.

Les prix du gaz naturel constituent un sujet élevé de préoccupation pour les exploitants des sables bitumineux. En effet, ceux-ci ont actuellement recours à 0,6 milliard de pieds cubes de gaz naturel par jour et, d'ici 2015, ils s'attendent à en utiliser 1,6 milliard de pieds cubes par jour (ONE, 2004). Étant donné que plus de la moitié des coûts pour produire du brut synthétique se rapporte à la consommation de gaz naturel, les exploitants de sables bitumineux examinent l'ensemble des options offertes, comme le charbon écologique perfectionné, en vue de répondre à leurs besoins en énergie, en hydrogène et en chauffage.

L'énergie nucléaire

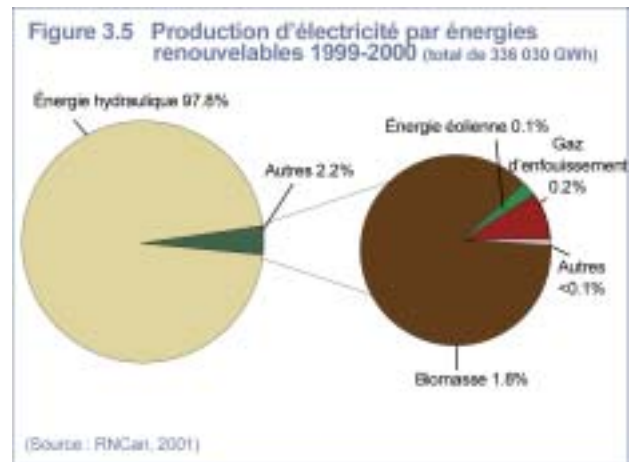
L'élément central de l'industrie nucléaire du Canada est la filière nucléaire CANDU, soit un réacteur à deutérium-uranium pressurisé à eau lourde faisant appel à un cycle unique de combustible à uranium naturel, ce qui permet d'éviter le recours à de l'uranium enrichi. Il y a actuellement 22 réacteurs CANDU au Canada (dont 17 étaient opérationnels en décembre 2004) qui sont répartis de la manière suivante : 20 en Ontario, 1 au Québec et 1 au Nouveau-Brunswick. Les centrales électriques de l'Ontario ont été conçues pour être déclassées en 2010, mais il est probable qu'elles soient modernisées pour en prolonger la durée de vie.

Le désir actuel pour la construction au Canada de nouveaux réacteurs perfectionnés est difficile à évaluer. Toutefois, il est évident que l'énergie nucléaire est l'objet d'une plus grande attention en raison de son profil dénué presque complètement d'émissions. Des capacités accrues en énergie nucléaire pourraient servir à éviter ou à neutraliser les émissions de gaz à effet de serre et les autres émissions atmosphériques qui, autrement, découleraient de la production d'électricité à partir de combustibles fossiles. Néanmoins, ce secteur doit toujours améliorer les aspects économiques propres à l'énergie nucléaire et faire la preuve que la sécurité entourant le fonctionnement de centrales et la manipulation des déchets radio-actifs peut être gérée avec succès. En outre, la planification et la mise en service d'une nouvelle installation nucléaire prennent une décennie à achever. Finalement, l'acceptation par le grand public d'une telle installation va sans doute causer des problèmes. Pour toutes ces raisons, l'énergie nucléaire ne constitue pas une option évidente pour les futurs approvisionnements en électricité, et il faut donc pouvoir compter sur un autre choix.

Les énergies renouvelables

L'expression « énergies renouvelables » se réfère à plusieurs sources énergétiques qui n'ont que peu de choses en commun sur le plan technique. Néanmoins, chacune de ces sources peut servir à produire de l'électricité sans provoquer de pertes notables à la base. Parmi les éléments

techniques provenant des énergies renouvelables, on retrouve ce qui suit : les turbines hydro-électriques, les centrales de combustion et de gazéification de produits de la biomasse, les éoliennes, les systèmes photovoltaïques et les photopiles, ainsi que les turbines productrices d'électricité à partir de l'énergie maritime ou de l'énergie marémotrice. Les énergies renouvelables occupent une place importante dans le secteur canadien de l'électricité, surtout en raison de la production hydro-électrique à grande échelle. La contribution totale de l'énergie hydraulique et des autres énergies renouvelables à la production canadienne d'électricité est de 62 p. 100 (selon la figure 3.3). La figure 3.5 présente une autre répartition de différentes sous-catégories d'énergies renouvelables.



L'énergie hydro-électrique

La production canadienne d'électricité est à 60 p. 100 le fruit de l'énergie hydro-électrique, alors que 62 500 des 64 000 MW produits au pays originent d'installations hydro-électriques à grande échelle (RNCan, 2000). L'hydro-électricité est la source la moins coûteuse de la charge électrique en raison de ses frais très peu élevés en combustible et en fonctionnement s'y rapportant. De plus, l'hydro-électricité étant considérée comme ne produisant à peu près pas d'émissions constitue, par conséquent, une option attrayante. Les grandes capacités hydro-électriques devraient s'accroître de 20 p. 100 d'ici 2025 (ONE, 2003). Cette production accrue proviendra surtout de la Colombie-Britannique, du Manitoba, du Québec, ainsi que de Terre-Neuve et du Labrador. Parmi les projets qui font l'objet de discussions, mentionnons celui de 2 264 MW de l'île Gull dans le cours inférieur du fleuve Churchill, celui de 824 MW des chutes Muskrat et les nouvelles installations de 1 000 MW sur l'emplacement actuel du fleuve Churchill (PNCC, 1999).

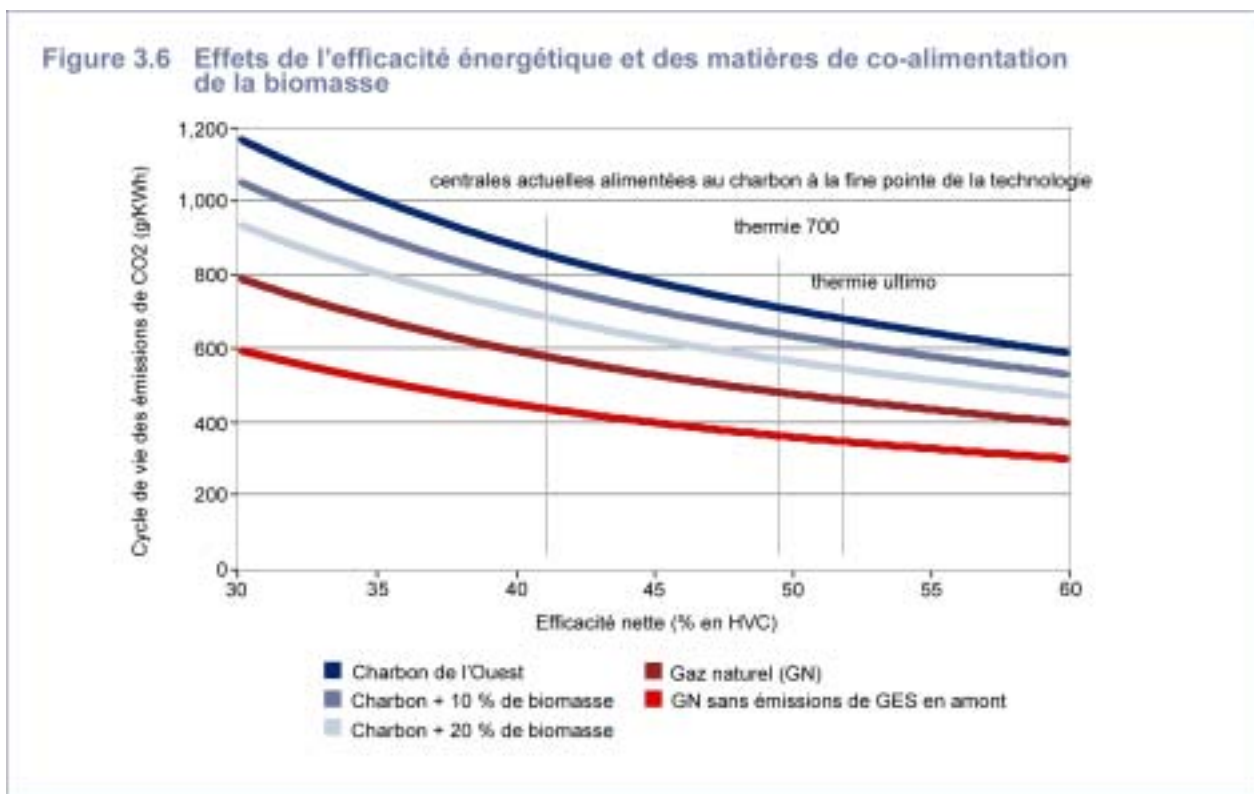
Ces capacités ne suffisent pas à répondre à la hausse de la demande dans la période requise, ne laissant que la possibilité de compenser pour la perte de la production existante des centrales qui ont atteint la fin de leur vie utile. Les nouveaux grands projets hydro-électriques sont dispendieux et ardu à réaliser. La construction de barrages hydro-électriques se classe parmi les réalisations à long terme et draine de très gros capitaux. Elle aboutit à l'inondation de grands secteurs de terre, à la modification de l'écologie des cours d'eau, à la destruction des habitats de poissons et au déplacement éventuel des populations rurales. L'hydro-électricité se traduit par d'importantes répercussions sur les ressources terrestres et aquatiques. Il en résulte qu'elle n'est plus considérée comme étant l'option la plus « écologique » pour la production d'électricité malgré sa nature renouvelable. Comme dans le cas de l'énergie nucléaire, l'hydro-électricité n'est pas une option évidente pour répondre aux futurs approvisionnements du Canada dans ce domaine, et il faut donc pouvoir compter sur un autre choix.

La biomasse

La biomasse est, après l'énergie hydraulique, la deuxième source la plus abondante de capacités électriques renouvelables au Canada. Dans ce domaine, les deux principales sources industrielles sont les résidus de scieries et la liqueur noire provenant des usines de pâtes et papiers. Le secteur des pâtes et papiers dispose de plus de 1 200 MW de capacités installées en bio-énergie (fréquemment co-alimentées à l'aide de combustibles fossiles). Il s'agit habituellement de dispositifs de cogénération qui fournissent également sur place de la chaleur utilisée pour les procédés industriels. Des producteurs indépendants d'électricité ont recours aux résidus de bois des scieries pour obtenir un 200 MW additionnel à l'intérieur de 10 autres centrales réparties

partout au Canada. La majorité de ces sources de biomasse, cependant, offre une faible densité énergétique, ce qui entraîne une hausse des coûts de transport et de manipulation. De petites quantités d'électricité sont obtenues à partir du méthane d'enfouissement, lequel est produit en incinérant les déchets urbains solides ou en utilisant les produits secondaires de la digestion anaérobie des effluents provenant des eaux usées ou des résidus industriels.

La biomasse en tant que tel ne constitue pas une option pratique dans bien des situations, mais elle peut servir à la co-alimentation dans les installations perfectionnées fonctionnant aux combustibles fossiles, ce qui permet de produire beaucoup moins d'émissions que dans les centrales courantes. La figure ci-après illustre les effets consécutifs à une efficacité accrue dans les installations avancées de charbon et de gaz, ainsi que les effets découlant de la co-alimentation à l'aide d'un produit de la biomasse. La ligne la plus élevée montre le profil du charbon de l'Ouest par rapport à la co-alimentation avec 10 et 20 p. 100 de biomasse (le deux lignes bleues suivantes). Avec une co-alimentation de 20 p. 100, les émissions de CO₂ provenant d'une centrale actuelle au charbon à la fine pointe de la technologie fonctionnant à 42 p. 100 d'efficacité n'atteignent que 180 g de CO₂/kWh de plus qu'une centrale équivalente au gaz fonctionnant à 50 p. 100 d'efficacité (lignes rouges plus bas). Ceci démontre bien la réduction substantielle dans l'écart caractérisant les émissions de gaz à effet de serre qui a été souligné précédemment. Dans un futur scénario, avec une efficacité supérieure pour les centrales au charbon et au gaz, la différence devrait s'amenuiser pour atteindre 131 g de CO₂/kWh.



L'énergie éolienne

Dans les deux dernières décennies, les coûts de l'énergie éolienne ont diminué de beaucoup grâce aux améliorations technologiques et aux économies d'échelle qui ont marqué la production des turbines. Le Canada dispose d'abondantes ressources en énergie éolienne, toutefois, son développement est restreint en raison de la concurrence offerte par les approvisionnements moins dispendieux en électricité. En outre, la production éolienne de l'électricité est sporadique et, par conséquent, ne peut fournir qu'une part des capacités installées.

Le plus grand parc d'éoliennes du Canada est *Le Nordais*, une installation de 100 MW dotée de 133 turbines qui est située sur la rive sud du Saint-Laurent, plus précisément dans la péninsule de Gaspé, au Québec. Des éoliennes de grandes dimensions sont également installées à Pincher Creek, en Alberta. Malgré le fait que le secteur de l'énergie éolienne se développe à un rythme rapide au Canada et dans le reste du monde, notamment en ce qui concerne les nouvelles capacités installées, sa participation globale aux approvisionnements en énergie va, dans un proche avenir, continuer à être insignifiante.

L'acceptation du grand public concernant les aspects esthétiques des éoliennes reste, jusqu'ici, indéterminée, mais cela pourrait jouer un rôle dans les futurs succès de ce secteur technologique.

Les effets des options concurrentielles de rechange sur le charbon

Tel que mentionné précédemment, les nouvelles unités nucléaires prennent un minimum de 10 années à se réaliser, depuis leur planification jusqu'à leur mise en service, alors que leur construction peut ne pas être nécessairement en harmonie avec les intérêts publics. De même, la construction de nouvelles centrales hydro-électriques s'inscrit dans un cycle de 10 ans. Le temps nécessaire à la construction d'une centrale au charbon écologique se situe entre quatre et cinq ans, alors que les premières du genre pourraient entrer en service d'ici 2012. Donc, le charbon offre un avantage stratégique par rapport à l'énergie hydro-électrique et l'énergie nucléaire. Toutefois, la construction de centrales au gaz naturel demande encore moins de temps. La plus grande question concernant le gaz naturel sera son approvisionnement à mesure que le demande augmentera dans les prochaines années.

En dépit des promesses offertes par les autres sources d'énergies renouvelables, elle ne seront pas assez élaborées pour remplacer, dans les prochaines décennies, les installations de production à charge de base. Les autres sources d'énergie, cependant, grâce à leurs normes de rendement environnemental élevées, vont établir les critères pour les nouvelles centrales alimentées par des combustibles fossiles, en particulier en ce qui concerne les émissions atmosphériques. Ainsi, la TCE est un élément essentiel pour permettre au charbon de maintenir sa position concurrentielle dans les approvisionnements énergétiques du Canada, ne lui laissant que cette possibilité pour progresser. Le choix de la TCE pour l'appliquer à une situation particulière donnée dépend de certains facteurs tels que l'accessibilité à des charbons locaux ou importés (et à d'autres combustibles à base de carbone de faible valeur pour la co-alimentation), l'existence de débouchés pour les produits secondaires provenant des procédés liés au charbon écologique (comme l'hydrogène) et la possibilité de capturer le CO₂ pour, ensuite, l'utiliser ou le stocker efficacement.

L'établissement de normes de rendement

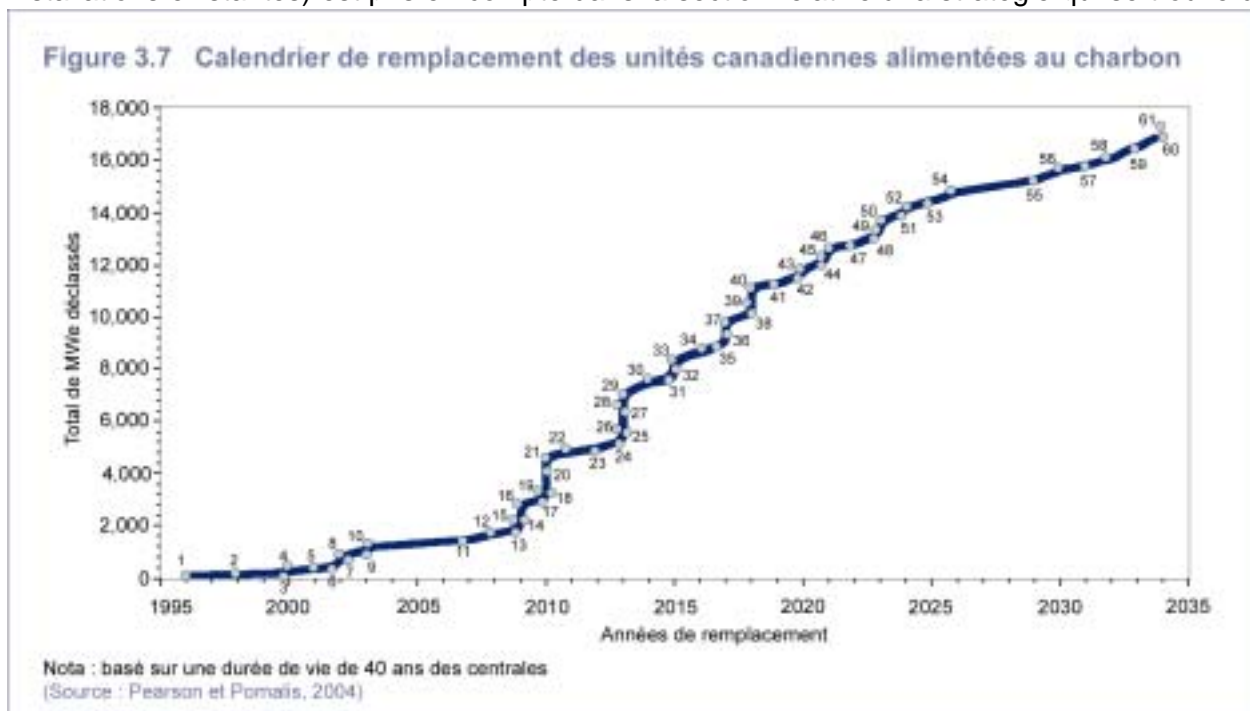
Conformément à la précédente proposition faite d'établir une norme d'équivalence du rendement relatif aux émissions, il faut porter une attention spéciale aux trois genres de centrales au charbon déjà examinées, c'est-à-dire les nouvelles centrales, les centrales existantes et les centrales presque à la fin de leur vie utile. Les normes de rendement pour les nouvelles centrales et les centrales presque à la fin de leur vie utile ont été traitées au cours de l'élaboration des présentes Cartes routières. La Canadian Clean Power Coalition²² (CCPC) s'occupe d'élaborer des normes pour les centrales existantes. D'ailleurs, cette dernière a récemment réalisé une étude exhaustive en vue d'évaluer le rendement attendu de techniques à courte terme permettant d'éliminer le SO_x, le NO_x, les particules et les agents toxiques atmosphériques dans les installations existantes

²² La Canadian Clean Power Coalition est une association nationale publique-privée des principaux producteurs d'électricité par alimentation au charbon qui représentent 90 p. 100 des capacités du Canada. Tel que souligné dans la section des remerciements, les membres de cette coalition ont participé de près à l'élaboration des CRTCE.

(CCPC, 2004a). L'étude en question a permis de conclure à la possibilité d'atteindre le but fixé, qui était d'éliminer toutes ces émissions, à un coût supplémentaire se situant entre 1,5 et 2,7 cents/kWh. L'écart dans les coûts de l'électricité dépend de la formule utilisée pour l'amortissement du coût en capital.

L'étude de la CCPC n'inclut pas les coûts liés à la capture du CO₂. En fait, celle-ci a établi la non-rentabilité de la modernisation des centrales existantes en vue de la capture du CO₂ en raison des grandes pénalités énergétiques et du coût élevé en découlant. Les membres de l'industrie sont donc d'avis de laisser les centrales existantes en service et de les exempter de faire des réductions dans les émissions de CO₂ jusqu'à leur 40 ans de vie économique. En conséquence, il est proposé de ne traiter les émissions de gaz à effet de serre provenant de la production d'électricité que dans les nouvelles centrales au charbon et dans les installations en zone désaffectée des emplacements existants.

La figure 3.7 est une représentation graphique des centrales canadiennes au charbon qui devront être remplacées (exprimées en MWe déclassés) au moment d'arriver à leur 40 ans de vie utile. L'annexe B contient des recoupements avec certaines unités de la figure 3.7. Près de la moitié des capacités installées actuellement a plus de 25 ans d'âge, 33 centrales atteindront leur maturité économique d'ici 2015 et 61 devront être remplacées d'ici 2034. Si le Canada choisissait d'adopter la norme d'équivalence du rendement relatif aux émissions qui est proposée, toutes les centrales au charbon du pays fonctionneraient selon une norme équivalente à celle en usage dans les centrales basées sur le cycle combiné du gaz naturel, cela d'ici 2035. Le rythme d'adaptation à une norme de rendement plus élevée est d'environ 725 MW_e/année, prenant comme hypothèse l'année 2005 en tant que période de début et se poursuivant dans les 25 prochaines années. Ce calendrier de remplacement (incluant les dates d'étapes critiques pour le remplacement des installations existantes) est pris en compte dans la section relative à la stratégie qui se trouve dans



les présentes Cartes routières. L'Association canadienne de l'électricité (ACE) a indiqué que le Canada aurait besoin d'investir 150 milliards \$ (canadiens) en amont sur une période de 20 ans afin de développer 20 000 MW de nouvelles capacités de production entre 2001 et 2020, ce qui englobe le développement de capacités de remplacement et de capacités particulières pour répondre à la nouvelle demande en électricité (ACE, 2001). Un des éléments importants à considérer est que le nouvel ensemble de capacités de production montrera une longue durée de

vie similaire, ce qui influera, à court terme, sur le profil des émissions du Canada dans les prochaines décennies.

Le tableau 3.3 donne le résumé des normes de rendement prévues dans le cas de la TCE avancée, tant pour le charbon pulvérisé que pour le cycle combiné de gazéification, le tout étant fonction de la concurrence prévue avec le cycle combiné du gaz naturel. Ces normes et ces échéances ont été adoptées comme objectifs de rendement de la TCE dans le cadre des CRTCE. Comme mentionné précédemment, le rendement des meilleures techniques sur le marché influe sur les attentes relativement aux autres. En ce qui concerne les formules axées sur la période se situant entre 2020 et 2025, alors que les techniques de capture et de stockage du CO₂, auront fait leurs preuves, le charbon écologique permettra de produire de l'électricité presque sans émissions. Dans les régions où le stockage du CO₂ va s'avérer impraticable, on mettra l'accent sur l'amélioration de l'efficacité en bout de ligne afin de diminuer l'intensité des émissions de ce gaz de 25 à 50 p. 100 par rapport aux niveaux de 1990.

Rendement	Passé	Présent		Futur			
		Meilleure technologie disponible		2010 - 2015		2015 - 2025	
	Conditions courantes	CP	CCG	CP	CCG	CP	CCG
Coût en capital (\$ É.-U./kW) ^a		1,000 - 1,200	1,200 - 1,500	900 - 1,100	1,000 - 1,200	900 - 1,000	800 - 1,000
Efficacité (% HVC) ^b	33 - 35	40 - 43	40 - 44	45 - 50	45 - 50	50 - 53	50 - 60
SO ₂ - Spécifique au charbon (ng/J) ^c	234 - 1,300	198 - 1,462	43	4,5 - 5	4,5 - 5	<1 Harmonisé au CCGN	
NO _x (ng/J) ^c	200 - 230	219 - 258	64	4 - 5		<4	
Élimination du mercure (%) ^c		n/a	50	70 - 90		>80	
P ₁₀ et P _{2,5} (ng/J) ^c	11 - 59	15 - 30	5	2 - 3		<2	
COV (mg/Nm ³ de gaz de charbon) ^d			1/150 de ce qui est permis	1		<1	
Reclassification en matière d'efficacité pour 90% d'élimination du CO ₂ (% HVC) ^e		7 - 12	8 - 8	4 - 7	4 - 5	2 - 4	2 - 3
Coût en capital pour l'élimination du CO ₂ (\$ É.-U./kW)		700 - 900	300 - 800	500 - 600	200 - 500	300 - 400	100 - 300
Coût de l'électricité sans capture (Cents É.-U./kW)		3,5 - 4,4	4,4 - 4,9	3,0 - 4,1	3,0 - 4,1	<3,0	<3,0
Coût de l'électricité avec capture du CO ₂ (Cents É.-U./kW) ^f		6,3 - 7,9	5,7 - 6,4	3,8 - 4,9	3,3 - 4,5		

(CURC/EPRI/DOE, 2003 ; Gupta et Thambimuthu, 2003 ; CCPC, 2004 ; Envir. Can., 2004 ; Scott et al, 2003)

Le tableau renferme également les estimations de coûts en vue de se conformer aux normes particulières. Par exemple, en se fondant sur la meilleure technologie disponible actuellement, le coût en capital moyen pour adapter les installations existantes à la TCE est de 1 250 dollars É.-U. (DEU/kW) par capacité installée. Si les techniques de capture du CO₂ étaient incluses dans l'entreprise, le coût moyen serait juste un peu plus que 1 900 \$ DEU/kW. En utilisant ces chiffres,

on peut évaluer l'investissement annuel nécessaire pour adapter toutes les centrales actuelles au charbon à une échelle se situant entre 900 millions et 1,4 milliard DEU sur une période de 25 ans.

Résumé de la section

Le charbon fait face à diverses difficultés qu'il faut surmonter pour que ce produit continue à constituer un élément important des approvisionnements en énergie dans les prochaines années. Les deux principales difficultés qui se présentent à lui sont son rendement environnemental comparatif et sa position concurrentielle par rapport aux autres techniques de production de l'électricité.

Les producteurs d'électricité au charbon font déjà appel à toute une panoplie de techniques pour réduire les émissions atmosphériques de SO_x, de NO_x, de particules et d'autres agents toxiques. Il faudra, toutefois, se conformer aux normes atmosphériques prévues en Amérique du Nord dans les prochaines années, ce qui comprendra des restrictions quant aux émissions de gaz à effet de serre. Une sensibilisation accrue aux répercussions environnementales de la production d'électricité par combustibles fossiles, tant au Canada qu'aux États-Unis, force les producteurs au charbon à se conformer à de nouvelles normes plus contraignantes et la TCE est essentielle pour y arriver.

L'ensemble des combustibles servant à la production de l'électricité continuera au Canada à être dominé par l'hydro-électricité, tandis que le charbon, l'énergie nucléaire et le gaz naturel formeront la plus grande partie du reste. Bien des gens prévoient que les combustibles fossiles, et en particulier le gaz naturel, vont prendre une plus grande place dans cet ensemble. Cependant, le déclin de la production de gaz classique et non classique dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien avant la fin de la décennie mettra encore plus de pressions sur les prix du gaz naturel. Il se peut que le gaz naturel liquifié en provenance de l'étranger ne soit pas disponible en quantités suffisantes pour répondre à la demande. En raison de l'apparition de ces caractéristiques sur les marchés, certains producteurs d'électricité ont déjà pris la décision de construire de nouvelles centrales au charbon plutôt qu'au gaz naturel.

Si l'on ne tient pas compte du genre de capacités construites, les normes de rendement environnemental et économique des solutions de rechange influent sur les attentes suscitées par n'importe laquelle technologie. Pour obtenir du succès, il faudra que la TCE soit conforme à des normes strictes de rendement. Pour maintenir l'aspect concurrentiel du charbon sur le plan économique et environnemental, la R-D et les démonstrations commerciales sont indispensables, d'où l'importance des efforts stratégiques et concertés déployés au cours de l'élaboration des présentes CRTCE. Il faudra d'importants investissements pour rendre le charbon écologique concurrentiel par rapport à d'autres techniques énergétiques, mais ces investissements sont essentiels au Canada pour répondre à ses futures exigences en matière d'énergie, et ce à un prix économiquement acceptable et avec des répercussions environnementales minimales.

4. Les parcours technologiques du charbon écologique

Il y a actuellement deux parcours principaux de la TCE qui sont développés de par le monde, de concert avec diverses autres techniques ou divers autres éléments habilitants qui s'appliquent plus généralement à la technologie énergétique. La présente section fournit une brève description de deux des plus importants parcours, soit ceux basés sur la combustion et sur la gazéification, en plus d'un examen des activités internationales en cours en vue d'appuyer l'un ou l'autre de ceux-ci. Les chefs de file mondiaux dans le développement des capacités et des compétences expertes en R-D se rapportant à la technologie liée au charbon écologique sont les États-Unis, l'Australie, le Japon et les pays de l'Union européenne. On peut beaucoup apprendre de ces activités et de ces programmes menés par ces divers pays.

On trouvera également les futurs scénarios sur la façon dont il serait possible d'élaborer, au cours du temps, des parcours dans les provinces canadiennes pour la TCE. Les avantages offerts par la TCE seront ressentis partout au pays (dans les provinces atlantiques, en Ontario, en Saskatchewan et en Alberta) et dans plusieurs secteurs industriels (comme ceux de promoteurs technologiques, des fabricants industriels, des raffineurs et des producteurs chimiques).

Les options en matière de parcours

Les parcours de la TCE se décrivent essentiellement comme étant les routes technologiques de la préparation et de l'utilisation du charbon servant à la production de l'électricité. Un parcours est une progression linéaire, ou un continuum, du développement technologique en série au cours du temps. On peut mentionner, à titre d'exemples, le parcours technologique Windows de Microsoft par rapport à UNIX, ou celui du transport par chemin de fer par rapport au transport sur route. Les deux principaux parcours d'utilisation dans le

Observations concernant la section

La combustion, la façon la plus répandue aujourd'hui de produire de l'électricité par alimentation au charbon, continue de se développer technologiquement tandis que les contraintes environnementales augmentent.

La gazéification va donner sa pleine valeur au charbon en rendant possible la production d'électricité, de chaleur, d'hydrogène et d'autres matières premières à l'intérieur d'une seule installation.

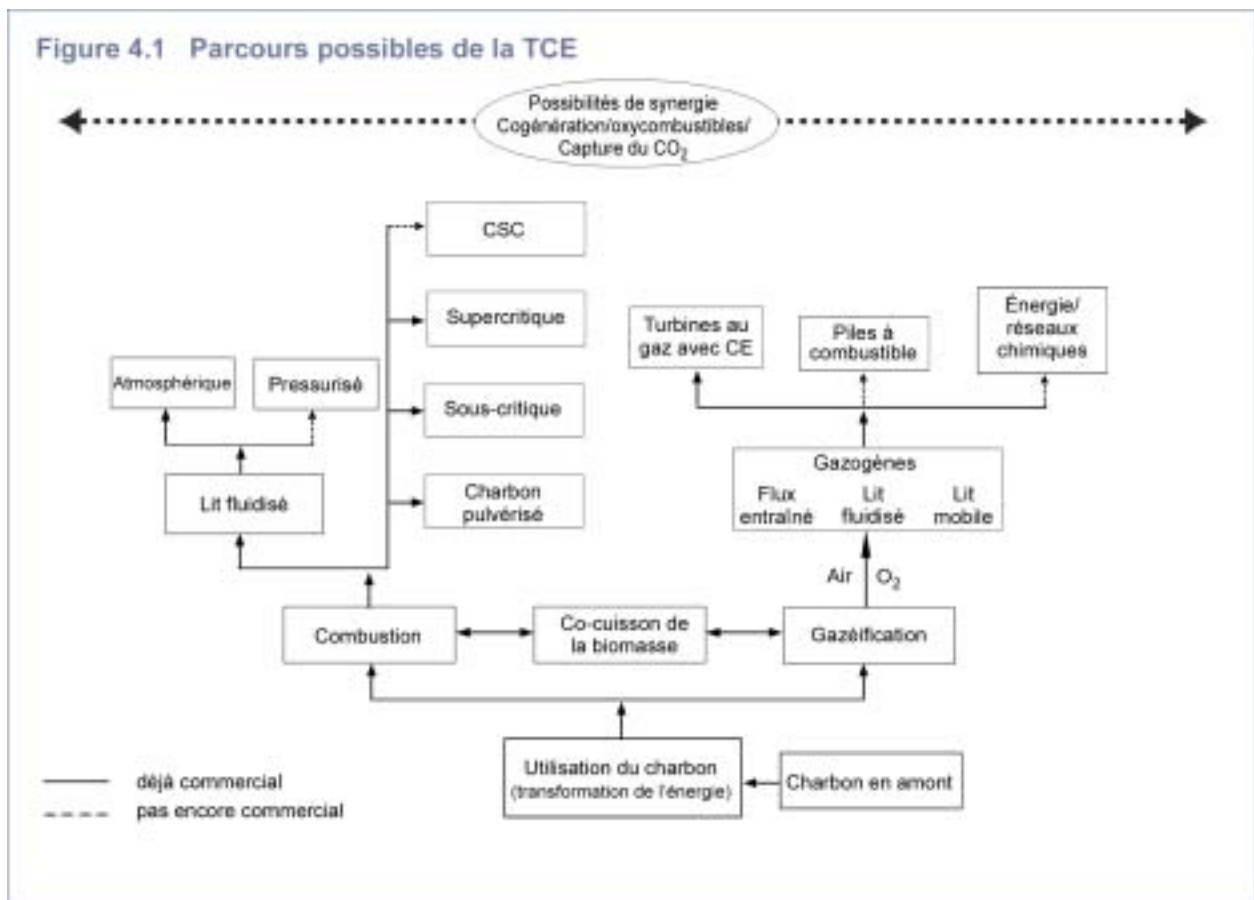
L'épuration en amont du charbon, la cogénération, les oxy-combustibles, le développement de matériaux, ainsi que la capture et le stockage du dioxyde de carbone, sont tous des éléments importants à la mise au point d'une technologie presque sans émissions.

Le Canada peut bénéficier des programmes de TCE existants à l'échelle internationale en ayant recours à la technologie la plus perfectionnée au moment de réaliser la R-D et les mises en valeur sur son territoire.

Des possibilités s'offrent partout au Canada. Les provinces de l'Atlantique, l'Ontario, la Saskatchewan et l'Alberta ressentent déjà le besoin immédiat d'une TCE perfectionnée.

Combustion	Gazéification
<ul style="list-style-type: none"> Charbon pulvérisé · Cycles de vapeur sous-critiques · Cycles de vapeur supercritiques · Cycles de vapeur ultra-supercritiques 	<ul style="list-style-type: none"> Cycle combiné de gazéification · Gazogène à flux entraîné · Gazogène à lit fluidisé · Gazogène à lit mobile
<ul style="list-style-type: none"> Combustion en lit fluidisé · Combustion atmosphérique · Combustion pressurisée 	<ul style="list-style-type: none"> Capture en précombustion · Piles à combustible · Énergie combinée/Réseaux chimiques
<ul style="list-style-type: none"> Charbon ultra-écologique · Combustion d'oxycombustible · Cogénération et production combinée de chaleur et d'électricité · Capture du carbone après-combustion · Transport et stockage du CO₂ 	

cadre de la TCE (la combustion et la gazéification) peuvent être subdivisés en catégories comme le charbon pulvérisé, la combustion en lit fluidisé et d'autres éléments (se référer au tableau 4.1 et à la figure 4.1). Le parcours de la gazéification (qui est une route relativement nouvelle) sera le précurseur des cycles de production hybride de l'électricité qui font appel à des piles à combustible à haut rendement énergétique et à des réseaux énergétiques ou chimiques à multiples produits. Les deux parcours offrent la possibilité de production combinée de chaleur et d'électricité. Ils englobent également le nouveau modèle de combustion à base d'oxy-combustibles, lequel aboutit à un courant concentré de gaz de carneau sous forme de CO₂ apte à la capture, au transport et au stockage géologique. La co-alimentation par la biomasse n'est qu'une option accessible au deux principaux parcours. Le tableau 4.1 contient une répartition des techniques particulières à chaque parcours et des techniques communes aux deux.



Le parcours de la combustion

La combustion constitue le parcours dominant dans la production actuelle à base de charbon. Jusqu'à maintenant, les améliorations techniques ont été axées sur l'efficacité des cycles et sur la réduction des émissions polluantes (autres que celles de CO₂) en deçà des limites acceptables. Les préoccupations de plus en plus grandes concernant les émissions de gaz à effet de serre ont amené à revoir ce parcours afin d'établir comment la capture et le stockage géologique pouvaient servir à atténuer le niveau des émissions de CO₂.

La combustion du *charbon pulvérisé* fait appel à la vapeur en tant que fluide thermodynamique à l'intérieur du cycle de Rankine pour en transformer l'énergie thermique de la combustion du

charbon en énergie électrique. La combustion du charbon pulvérisé est utilisée dans plus de 90 p. 100 des centrales au charbon du monde. Comme les températures les plus basses et les plus élevées du fluide thermodynamique influent sur l'efficacité du cycle de Rankine, les limites de température et de pression adoptées traduisent l'avancée du développement technologique. La large portée des températures et de la pression indique une technologie bien avancée. La majorité des centrales de charbon pulvérisé du monde fait appel à des *cycles de vapeur sous-critiques* présentant des pressions de plus de 22,1 MPa. Ces centrales sont très fiables et renferment des bases de données complètes se rapportant à une vaste gamme de sources de combustible et de conditions de fonctionnement. Toutefois, ces systèmes sont relativement inefficaces à environ 36 p. 100 de pouvoir calorifique supérieur, ce qui rend difficile la réduction des émissions.

Tirant parti des améliorations apportées aux matériaux et aux techniques de fabrication connexes, les *cycles de vapeur supercritiques* se composent de vapeur offrant une pression de 24 MPa, des échelles de températures variant entre 540 et 560°C et une efficacité atteignant les 40 p. 100 (pouvoir calorifique supérieur). Les centrales à base de charbon pulvérisé supercritique existent déjà sur le marché et constituent le choix privilégié pour la technologie à base d'alimentation au charbon, tant en Asie qu'en Europe. Il y a dans le monde plus de 40 centrales au charbon supercritique. La société EPCOR a construit la première centrale de ce type au Canada (soit la Genesee III à Edmonton, en Alberta) et celle-ci a été mise en service en mars 2005. Elle est alimentée au charbon canadien subbitumineux et exploitée dans des conditions de vapeur de 24,1 MPa/540°C.

La mise au point de nouveaux matériaux, comme les aciers ferritiques à haute résistance, couplée avec des modèles de turbine à vapeur améliorée, a permis aux conditions propres à la vapeur de s'accroître jusqu'à des niveaux de *cycle ultra-supercritique*, > 25 MPa et 565°C. Les cycles ultra-supercritiques vont atteindre des niveaux d'efficacité allant jusqu'à 47 p. 100. Cette technologie est en usage dans les nouvelles centrales du Japon, la plus récente étant une installation de 1 050 MW_e qui fonctionne à 35,1 MPa et à des températures variant entre 600 et 610°C (Henderson, 2003).

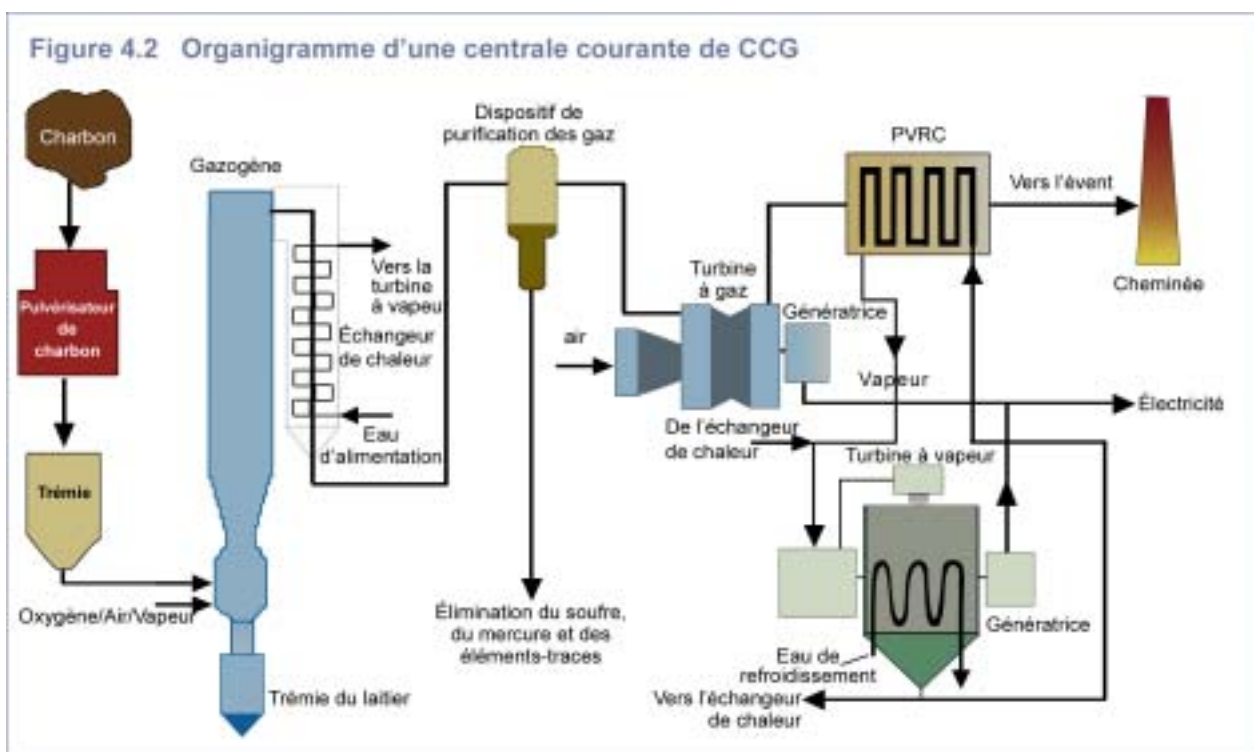
La *combustion en lit fluidisé* est une autre méthode bien établie de combustion des charbons à faible teneur, des produits de la biomasse et d'autres combustibles résiduels. Elle produit moins de NO_x et de SO_x que les centrales classiques de charbon pulvérisé. À l'intérieur de ce procédé technologique, les particules de combustible et les autres sorbants inertes solides ou à base de calcium sont maintenus en suspension à des températures variant entre 800 et 900°C. Les dispositifs qui fonctionnent à des pressions atmosphériques sont classés comme étant des lits fluidisés à bulles ou des lits fluidisés circulants, le tout étant fonction de la méthode choisie de circulation des solides. Les lits fluidisés à bulles fonctionnent à des pressions élevées. Les lits fluidisés circulants ont servi adéquatement dans les unités relativement petites (moins de 300 MW) et dans les créneaux commerciaux où existaient des charbons de faible valeur, des déchets solides de qualités variables et des combustibles opportuns. Un certain nombre de ces centrales est exploité commercialement (la Nova Scotia Power dispose déjà d'une installation de ce genre de 165 MW à Point Aconi).

La combustion est le principal moyen aujourd'hui de produire de l'électricité par alimentation au charbon. La nouvelle réglementation, toutefois, oblige à solutionner certains problèmes majeurs comme :

- ❑ *la mise au point de matériaux perfectionnés*
- ❑ *la réduction des émissions polluantes*
- ❑ *la capture et le stockage rentables du CO₂*

Le parcours de la gazéification

Dans le procédé de gazéification, le charbon, la vapeur, ainsi que l'air ou l'oxygène pur (O_2), réagissent à une température et une pression élevées pour produire un gaz synthétique brut qui est, en grande partie, formé de monoxyde de carbone (CO), d'hydrogène (H_2) et de certaines impuretés. Lorsqu'un gazogène est inclus dans un dispositif à cycle combiné (une turbine au gaz/un générateur et une turbine à la vapeur/un générateur), l'installation est qualifiée de centrale à *cycle combiné de gazéification*. La figure 4.2 illustre le fonctionnement intérieur d'une centrale à cycle combiné de gazéification où le charbon pulvérisé et l' O_2 alimentent un gazogène, ce qui contribue à transformer les produits introduits en gaz de synthèse. Les gaz de synthèse chauds traversent ensuite un échangeur de chaleur pour les refroidir et récupérer la chaleur produite. Les gaz refroidis traversent, finalement, un dispositif d'épuration avant de s'expanser dans la turbine à gaz pour produire de l'électricité. Par la suite, les gaz d'évacuation traversent un générateur-récupérateur de chaleur à la vapeur qui recueille la chaleur résiduelle pour en faire de l'électricité supplémentaire. Habituellement, la turbine au gaz produit 65 p. 100 de la quantité d'électricité, tandis que la turbine à la vapeur en produit 35 p. 100.



On retrouve deux centrales commerciales aux États-Unis fonctionnant selon le principe du cycle combiné de gazéification et deux en Europe. Les détails généraux concernant ces centrales sont résumés dans le tableau 4.2. Une option de remplacement à une centrale électrique à base de cycle combiné de gazéification serait de décarboniser les gaz de synthèse du gazogène afin de produire de l'hydrogène, que ce soit pour des applications à l'intérieur de turbines ou de piles à combustible, ou pour la synthèse de produits chimiques.

Il est également possible de reformer les gaz de synthèse par catalyse afin de créer des matières chimiques comme des engrais ou du méthanol. Ce genre de synthèse chimique à partir du

Emplacements	Fournisseurs technologiques	Importance des centrales (MW _e)	Dates de mise en fonction
Indiana, E.-U.	Destec	252	Octobre 1995
Floride, E.-U.	Tesaco	250	Septembre 1995
Buggenum, Pays-Bas	Shell	253	Début 1994
Puertolano, Espagne	Prento	310	Décembre 1997

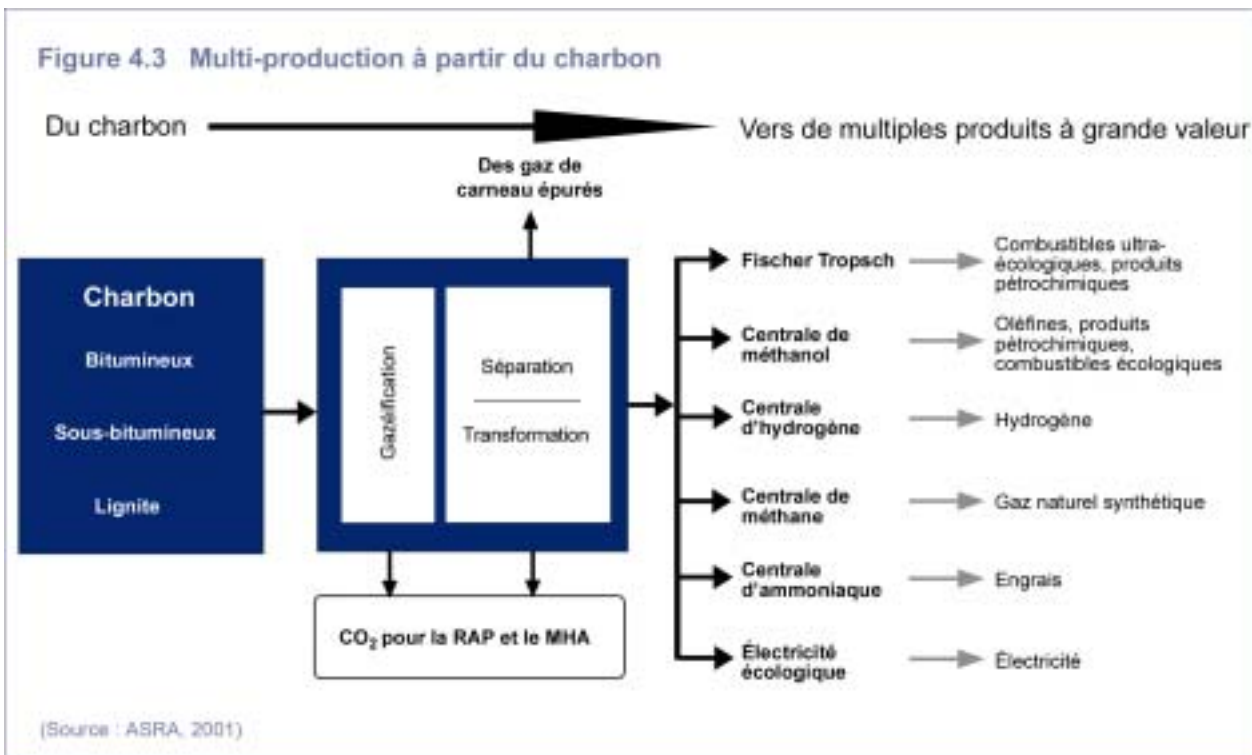
Nota : La technologie Prento présente une alimentation moitié de charbon et moitié de coke de pétrole.
(Source : Courtright et Armer, 2003)

charbon est déjà bien établi dans plusieurs pays. Parmi les centrales exploitées, on compte le complexe SASOL Fischer-Tropsch Synfuels en Afrique du Sud, l'usine Great Plains Synfuels dans le Dakota du Nord, l'usine Eastman Chemicals de Kingsport, au Tennessee, l'usine d'engrais de Farmland, au Kansas, ainsi que l'usine d'engrais Sinopec en Chine.

La formule consistant à produire des matières chimiques et de l'hydrogène, de pair avec de l'électricité et de la vapeur, peut être mise en place à l'intérieur de *réseaux combinés d'énergie et de produits chimiques* ou à l'intérieur d'installations à « multi-production ». Ce genre de centrales à multi-production de l'avenir pourrait être conçu avec deux options en aval

permettant de produire de l'énergie et des matières chimiques, tout cela à l'intérieur du même ensemble (se référer à la figure 4.3). On pourrait produire de l'électricité pour les réseaux dans les périodes de fortes demandes, et de l'hydrogène ou d'autres matières chimiques ou combustibles dans les périodes de faibles demandes. Les émissions de CO₂ provenant d'installations de multi-production prendraient la forme d'un flux relativement pur. Elles conviendraient parfaitement à la capture et à l'utilisation à l'intérieur de méthane de houille renforcé, au procédé de récupération assistée du pétrole ou au stockage permanent dans des formations géologiques.

- ❑ *Le cycle combiné de gazéification a fait l'objet de démonstrations réussies à grande échelle commerciale, mais certaines questions demeurent, notamment ce qui suit :*
- ❑ *la fiabilité, l'accessibilité et la flexibilité des combustibles*
- ❑ *les coûts en capitaux et de fonctionnement*
- ❑ *la démonstration des réactions à la suite du remplacement du CO par du H₂*
- ❑ *le développement à grande échelle de la technologie liée aux turbines et aux piles à combustible alimentées par de l'hydrogène*



Les autres techniques habilitantes

Plusieurs autres techniques ou éléments habilitants auraient de sérieuses conséquences sur le succès des divers parcours technologiques.

La capture et le stockage du CO₂

La sorte de réductions des gaz à effet de serre qui sera désirée à long terme dans le cas de la production de l'électricité ne pourra sans doute être réalisée que par le développement de la technologie liée à la capture et au stockage du CO₂. Par conséquent, la principale difficulté technique à laquelle sont confrontés les producteurs d'électricité au charbon sera l'aspect capture du CO₂. Lorsque la technologie liée à la capture et au stockage du CO₂ sera disponible, il faudra que les futures centrales soient adaptées à ce processus de capture. L'introduction de la technologie liée à la capture du CO₂ dans les centrales au charbon et dans les autres installations des grands émetteurs finaux sera traitée dans un autre document parallèle aux CRTCE intitulé *Cartes routières technologiques de la capture et du stockage du carbone* (CRTCSC, à venir). Les objectifs des CRTCSC sont de déterminer ce qui suit :

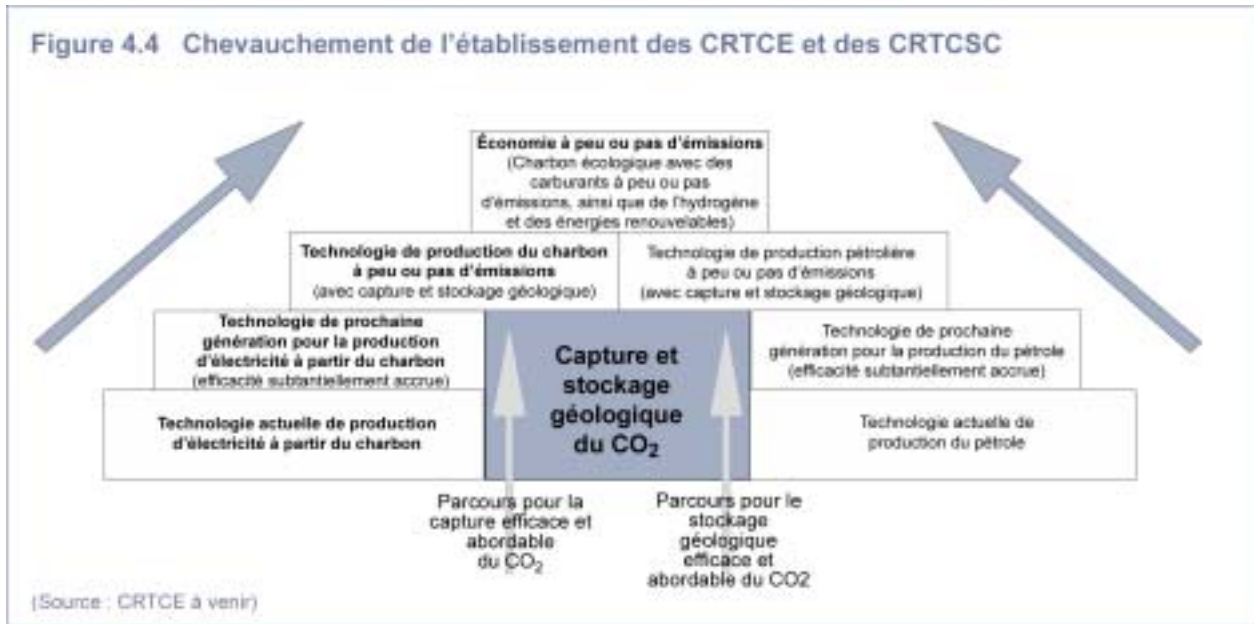
- ❑ Les futurs besoins et les futurs parcours en matière de technologie, ainsi que la future nécessité de combiner les procédés, afin de capturer le CO₂ provenant des installations des grands émetteurs finaux.
- ❑ Les possibilités de stockage du CO₂ dans les réservoirs gaziers et pétroliers épuisés du Canada, les aquifères salins et les veines profondes de houille, ainsi que les techniques nécessaires pour profiter de ces possibilités.
- ❑ Les possibilités de coordination entre le stockage du CO₂ et son utilisation à d'autres fins comme la récupération assistée du pétrole, la récupération assistée du gaz naturel et la production de méthane de houille renforcé.

Les initiatives prises dans le cadre des CRTCE et des CRTCSC se chevauchent à plusieurs endroits. Comme le démontre la figure 4.4, le secteur du charbon, ainsi que le secteur du pétrole et du gaz naturel, dépendent de la capture et du stockage du carbone pour réellement produire de l'énergie sans émissions à partir des combustibles fossiles. Ces deux secteurs peuvent et vont réaliser d'importantes réductions par eux-mêmes, mais la réduction presque complète des émissions est fonction de la capture et du stockage du carbone. En dernier ressort, la façon dont ces deux mesures vont être déployées est toujours l'objet d'élaboration, toutefois, la production d'électricité offre la possibilité de sources de gaz à effet de serre relativement pures et à large échelle. Le pétrole et le gaz naturel peuvent constituer les éléments principaux du stockage géologique et, dans certains cas, de l'utilisation du CO₂ recueilli pour la production du méthane de houille renforcé, la récupération assistée du pétrole et la récupération assistée du gaz naturel.

La capture et le stockage du carbone sont développés pour servir dans les parcours de la combustion et de la gazéification. Dans le cas du parcours de la combustion, il semble que la *capture post-combustion* soit la plus adéquate. Le CO₂ serait alors éliminé par épuration à l'aide de solvants comme une solution aux amines. Dans le cas du parcours de la gazéification, le CO₂ serait plus efficacement éliminé en ayant recours à la *capture pré-combustion*. En effet, les gaz de synthèse peuvent être dé-carbonisés grâce à une transformation eau-gaz, obtenant du H₂ comme combustible pour des applications en aval, de même que du CO₂ pour le stockage ou d'autres fins.

La *combustion des oxy-combustibles* est une autre façon de faire pour capturer le CO₂. La combustion intervient alors dans un milieu composé d'oxygène pur, produisant un flux de gaz de carneau riche en CO₂ (plus de 80 p. 100) que l'on peut aisément comprimer et transporter. Il est possible de moderniser une variable de la combustion des oxy-combustibles, appelée le recyclage de l'O₂-CO₂, pour l'adapter à la combustion actuelle du charbon pulvérisé. En outre, de nouveaux

modèles de conception, comme les panaches chimiques sinueux et l'hydro-gazéification, peuvent faire leur apparition comme options de capture du CO₂.



La production combinée de chaleur et d'électricité

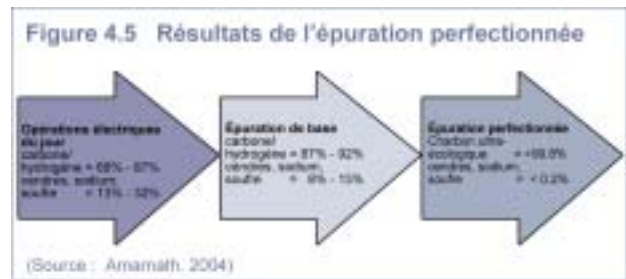
Grâce à une technologie actuellement sur le marché, il est possible d'adapter les installations de combustion et de gazéification en vue de récupérer la chaleur à basse température pouvant servir dans des applications à base de vapeur industrielle (comme dans la fabrication des pâtes et papiers ou la production de chauffage de quartier). En agissant ainsi, on obtient une efficacité supérieure à 80 p. 100. L'efficacité globale peut même être supérieure à 90 p. 100 si l'on recourt à un échangeur de chaleur par condensation afin de récupérer la chaleur latente provenant de l'évaporation des gaz de carneau. Cette chaleur est apte à répondre à certains besoins à basses températures.

La production combinée de chaleur et d'électricité devient un procédé rentable lorsque les installations de production se trouvent à proximité d'un puits adéquat de chaleur. L'Association canadienne de l'électricité et RNCAN ont procédé à l'évaluation de plusieurs emplacements possibles au Canada (à Toronto, Edmonton, Halifax et Winnipeg), toutefois, le développement de ces endroits se butte à plusieurs obstacles financiers, réglementaires et institutionnels. La production combinée de chaleur et d'électricité est très répandue en Asie et en Europe, particulièrement à l'intérieur de certains complexes industriels ou d'installations adjacentes à des ensembles domiciliaires.

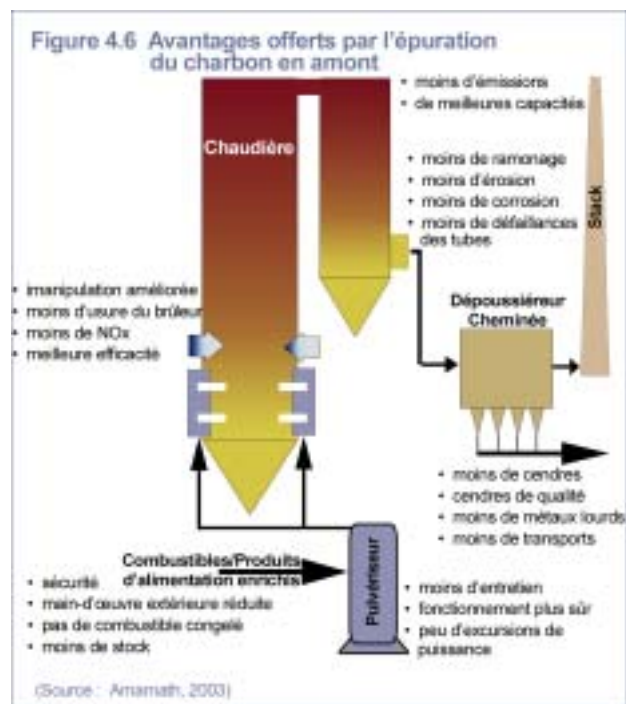
L'épuration en amont du charbon

L'épuration en amont du charbon par l'élimination de matières minérales intermittentes à l'intérieur de la houille extraite viendrait appuyer le procédé de combustion en réduisant la quantité de cendres. Les membres du secteur considèrent habituellement la réduction des émissions comme étant un problème qui se pose à l'extrémité finale des canalisations plutôt que d'envisager l'épuration du charbon comme une option préliminaire résultant en réduction des émissions par l'amélioration du procédé de combustion. Les exploitants de centrales électriques ne portent habituellement que peu d'attention à l'épuration du charbon malgré le fait que la qualité de celui-ci influe grandement sur le fonctionnement des installations.

L'épuration en amont peut se décrire comme étant une série d'améliorations graduelles qui aboutirait à un charbon ultra-écologique à 99,8 p. 100 pur (se référer à la figure 4.5). Cette façon de faire graduelle est conçue tout d'abord pour réduire le contenu en cendres (soit les éléments nuisibles) de 8 à 13 p. 100. Le traitement en deuxième étape englobe deux procédés servant à éliminer tous les minéraux organiques et inorganiques, en plus de viser à produire un carbone pur à 99,8 p. 100. Le premier procédé est constitué d'un traitement acide ou à la soude caustique, dans lequel on lixivie toutes les matières inorganiques (y compris les métaux) et l'humidité, laissant derrière un combustible d'hydrocarbures enrichis (carbone et hydrogène > 99 p. 100). Le deuxième procédé fait appel à des solvants organiques, dans lequel on lixivie toutes les matières organiques du charbon, laissant derrière un résidu inorganique riche en cendres.



La figure 4.6 contient un schéma des effets positifs que les installations alimentées au charbon pourraient ressentir avec l'épuration en amont du charbon. Les exploitants de ces installations en obtiendraient les avantages commerciaux suivants : des profits accrus en raison de la réduction des coûts de fonctionnement ; des facteurs de capacités plus élevés et une espérance de vie accrue des avoirs ; un rendement environnemental amélioré ; des dépenses réduites en capital pour les futures centrales. En cas de réussite, l'épuration en amont entraînera des changements révolutionnaires au chapitre de l'utilisation du charbon dans le secteur de l'électricité, alors que les gazogènes au charbon ultra-écologique permettront d'éviter le processus dispendieux d'épuration des gaz et de prolonger la vie économique de ces mêmes appareils.



Les techniques d'épuration en amont du charbon sont actuellement mises au point grâce à la collaboration entre la société White Mining et la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization en Australie, ainsi qu'entre les sociétés Mitsubishi, Idemitsu Kosan et Kyushu Electric Power Company au Japon. Ce dernier consortium international a réussi à produire un charbon ultra-écologique pur à 99,8 p. 100 dans des installations pilotes d'Australie (Clark *et al*, 2002). La société américaine Carbonxt inc. a également mis au point un procédé de raffinage chimique du charbon qui permet d'éliminer 99 p. 100 des impuretés dans le charbon (Grouch, 2002).

Le développement technologique à l'échelle internationale

Le Canada n'est pas le seul à chercher le développement d'une TCE. Un grand nombre d'autres pays s'est engagé dans des programmes semblables visant à promouvoir la nouvelle technologie, assurant ainsi la future valeur de leurs propres ressources houillères. Certains programmes ont abouti à l'élaboration de cartes routières technologiques, contribuant de cette façon à établir les orientations stratégiques et les prochaines étapes nécessaires en vue de vaincre les obstacles technologiques, économiques et sociaux qui se dressent devant la TCE. Des programmes mis en

œuvre aux États-Unis, au Japon, en Australie et dans les pays de l'UE sont brièvement expliqués ci-après. On peut obtenir de plus amples informations sur ces programmes en s'adressant au Centre du charbon écologique de l'AIE.

États-Unis

Parce qu'ils possèdent sur leur territoire les plus grandes réserves de charbon au monde et qu'ils doivent faire face à des problèmes d'approvisionnement sur d'autres marchés liés aux combustibles fossiles, les États-Unis investissent énormément dans la TCE par l'entremise de toute une série de programmes et d'orientations politiques. Le Département américain de l'Énergie (le DOE américain), avec son *Clean Coal Technology Demonstration Program*, est à l'origine de la première entreprise dans le domaine de la TCE, laquelle existe depuis maintenant plus de 15 ans. Cette réalisation a jusqu'ici profité d'un budget de 4,8 milliards DEU.

La *Clean Coal Power Initiative*, rendue publique en mai 2001 par l'Administration Bush, s'appuie particulièrement sur deux priorités politiques. Il y a tout d'abord la loi *Clear Skies* axée sur l'élaboration de moyens efficaces et abordables d'éliminer, dans les prochains 15 ans, le SO_x, le NO_x et le Hg. Ensuite, l'on retrouve la *Global Climate Change Initiative* qui met l'accent sur une efficacité accrue dans le domaine de l'électricité et le développement d'une technologie liée à la capture et au stockage du dioxyde de carbone.

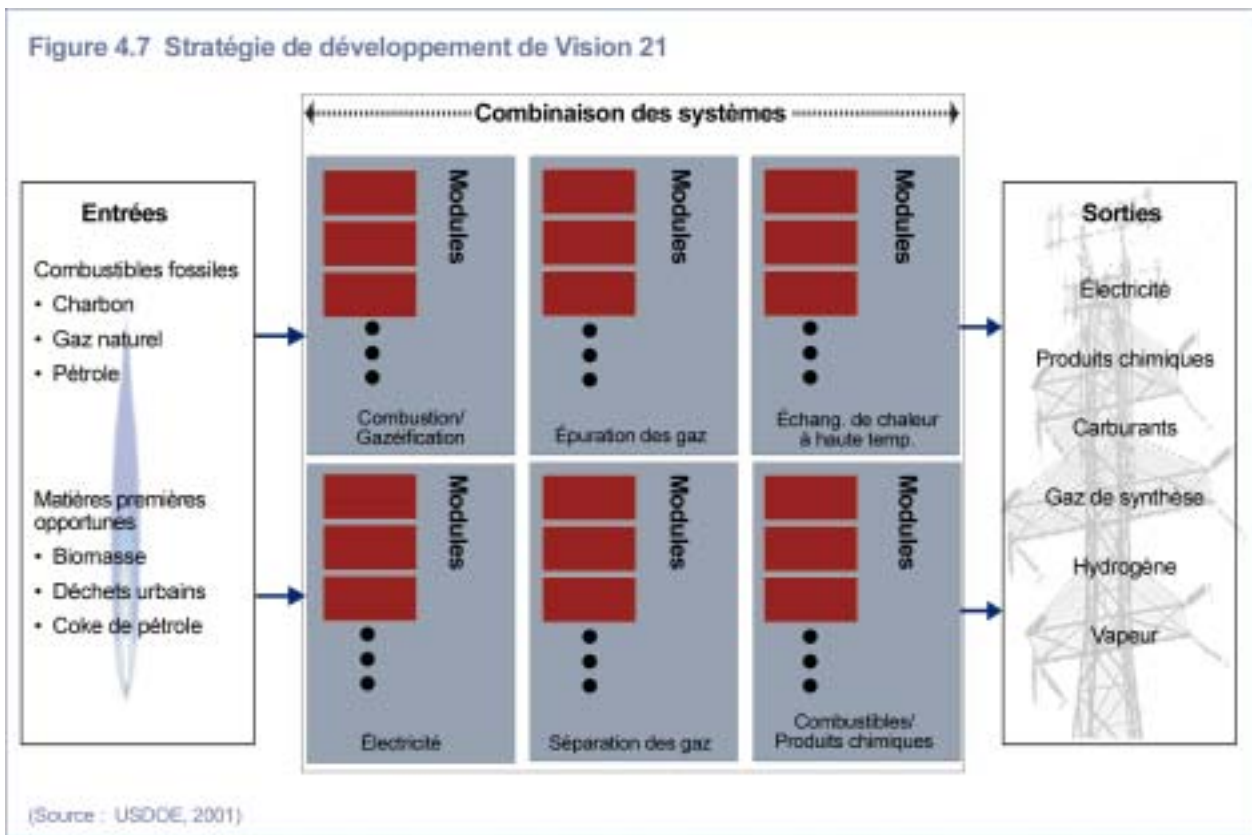
L'activité *Vision 21* inclut l'objectif de mettre au point « l'installation énergétique ultime » ne présentant presque aucune émissions de SO_x, de NO_x et de CO₂, ainsi qu'aucun écoulement net d'eaux usées ou de production nette de déchets solides (DOE américain, 2001). Le programme vise à la conception des premières installations commerciales d'ici 2015, avec de grands avantages se faisant déjà sentir en 2005. Les installations construites dans le cadre de *Vision 21* devraient être concurrentielles sur le plan économique et environnemental par rapport aux autres options énergétiques (se référer au tableau 4.3). L'activité *Vision 21* comprend le regroupement d'éléments modulaires en vue de la construction de centrales électriques aptes à de multiples matières d'alimentation, telles que les combustibles fossiles, les produits de la biomasse et les résidus (se référer à la figure 4.7), en plus de rendre possible la formule de la multi-production.

Efficacité électrique	60% (PCI)
Compétitivité des coûts	Compétitivité des coûts avec d'autres systèmes énergétiques
Période	Grands avantages d'ici 2005 Sous-systèmes et modules d'ici 2012 Conception de centrales commerciales d'ici 2015
Émissions NO _x /SO _x	<4.3 µg/kJ
Émissions de particules	<2.5 µg/kJ
Émissions de Hg	<430 pg/kJ
Émissions de CO ₂	Réductions de 40 à 50 % avec une efficacité accrue. 100 % de réduction avec CSC
(Source : AIE, 2003)	

FutureGen est un projet gouvernement-industrie de 1 milliard \$ annoncé au début de 2003, lequel a été mis sur pied pour atteindre les objectifs de rendement fixés dans l'activité *Vision 21*. L'objectif ultime était de faire la démonstration d'une centrale électrique au charbon de 275 MW fonctionnant selon le principe du cycle combiné de gazéification et ne produisant presque aucune émission, le tout accompagné de techniques de séparation et de stockage du CO₂, ainsi que de production de H₂. L'hydrogène produit devait être expédié par canalisations jusqu'à d'autres utilisateurs en bout de ligne comme des raffineries. Le CO₂ devait également être transporté par canalisations en vue du stockage géologique ou de la récupération assistée du pétrole. On a tenté de favoriser la coopération internationale dans cette entreprise, mais les États-Unis vont couvrir la plus grande partie des coûts, tandis que des membres de l'industrie vont gérer les activités et fournir une part de 20 p. 100 du financement.

Le DOE américain a également entrepris un *Materials Development Program* en collaboration avec un consortium formé d'organismes de financement et d'entrepreneurs, notamment l'Electric Power

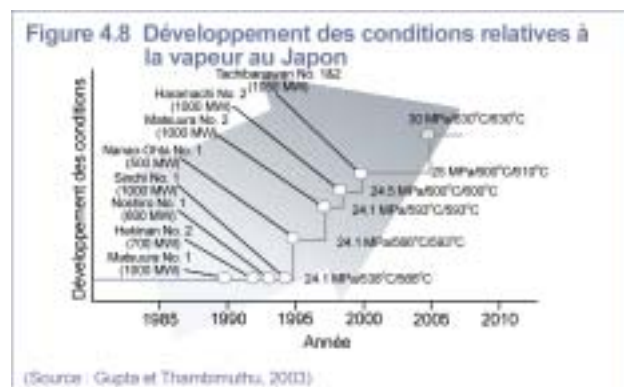
Research Institute, l'Ohio Coal Development Office, les Energy Industries de l'Ohio et un grand nombre de fabricants américains de chaudières (Courtright et Armor, 2003). Ce programme était axé sur la combustion de charbon ultra-supercritique pulvérisé qui était susceptible de faire grimper les températures de fonctionnement de la vapeur jusqu'à plus de 750°C.



Japan

Le Japon constitue un autre chef de file mondial en matière de R-D et de mise en valeur du charbon écologique. Selon les objectifs de programme fixés dans le cadre du nouvel organisme de développement énergétique et du Centre d'utilisation du charbon, le Japon devrait tendre à réduire ses émissions de CO₂ de près de 30 p. 100 d'ici 2030. De plus, le plan est d'abaisser la charge environnementale globale en faisant appel aux produits secondaires provenant des systèmes de production existants. Finalement, les programmes visent à assurer la compétitivité internationale en faisant la promotion de la TCE en Asie et outre-mer.

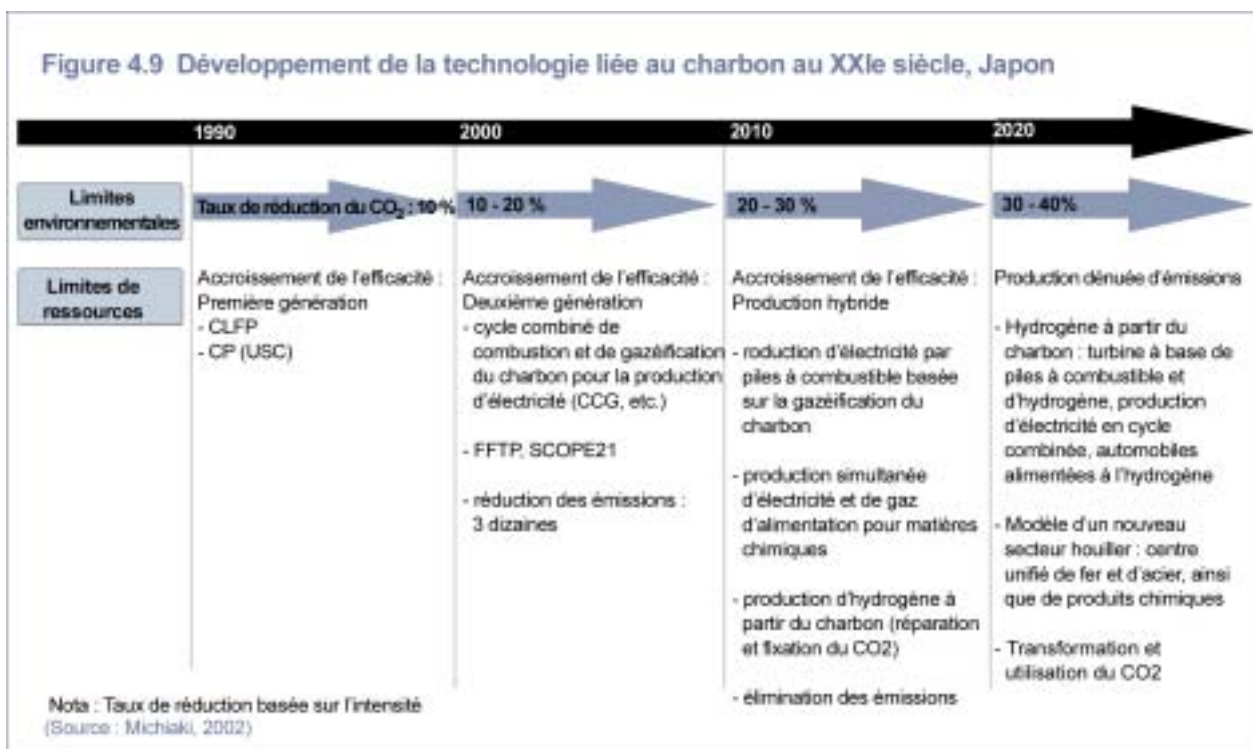
Des 40 centrales de combustion de charbon supercritique pulvérisé existantes dans le monde, 30 sont situées au Japon. Toutes ces centrales ont été conçues, dessinées et fabriquées au Japon. En procédant de cette manière, celui-ci s'est assuré de créer une base de connaissances approfondie et un bagage d'expérience pour l'élaboration de nouvelles centrales sur son territoire. La figure 4.8 illustre le parcours de développement propre aux conditions de vapeur



dans les centrales de combustion de charbon supercritique pulvérisé au Japon, alors que chacune d'entre elles fonctionne avec un maximum de fiabilité (Gupta et Thambimuthu, 2003).

Le Centre d'utilisation du charbon a établi une stratégie de développement du charbon écologique pour le XXI^e siècle, stratégie fondée sur certaines hypothèses critiques concernant les normes environnementales et les restrictions en matière de ressources auxquelles le Japon est confronté (se référer à la figure 4.9). Cette stratégie tient compte du fait que les combustibles fossiles, en particulier le charbon, représenteront la plus grande partie des approvisionnements en énergie du Japon jusqu'en 2050. Le plan prévu suppose une efficacité se situant entre 43 à 48 p. 100 pour le cycle combiné de gazéification et la mise en valeur de ce dernier à l'aide de piles à combustible de 50 MW_e d'ici 2010. Les programmes réalisés dans le cadre de cette stratégie passent par quatre étapes.

La première étape (de 1990 à 2000) prévoyait des améliorations de l'efficacité liée à la combustion en lit fluidisé pressurisé et à l'utilisation de chaudières à vapeur alimentées par du charbon supercritique pulvérisé. L'objectif fixé dans cette période était de réduire l'intensité des émissions de CO₂ du Japon de 10 p. 100 par rapport aux niveaux de 1990. La deuxième étape (de 2000 à 2010) prévoit le développement et l'introduction de techniques de combustion et de gazéification de seconde génération pour réduire l'intensité des émissions de 20 p. 100. Le Japon a alors conçu la stratégie des « trois 10 » à l'égard de la période visée afin de réduire le SO_x et le NO_x à < 10 ppm, ainsi que les particules à < 10 mg/Nm³. Partie intégrante de cette formule, il s'agit de mettre en application la fusion directe du minerai de fer sans traitement préalable et la super technologie liée aux fours à coke (SCOPE 21) afin d'accroître la productivité et la gestion environnementale. La troisième étape (de 2010 à 2020) englobe la production hybride de l'électricité à l'aide de piles à combustible et le développement d'installations à multi-production, avec l'objectif de réduire l'intensité des émissions de CO₂ de 20 à 30 p. 100 par des apports d'efficacité, de même que par la récupération du CO₂ et son utilisation dans d'autres produits. Dans la quatrième étape (de 2020 à 2030), le Japon prévoit une pénurie de pétrole et, en conséquence, planifie la production hybride d'électricité et l'obtention de produits chimiques à valeur ajoutée à partir du charbon, cela avec des techniques favorisant l'élimination de presque toutes les émissions. En agissant ainsi, le Japon va contribuer à réduire l'intensité de ses émissions de 30 à 40 p. 100.



Australie

L'Association australienne du charbon a lancé *COAL21*, une entreprise faisant appel à la participation d'un grand nombre d'intervenants, notamment des représentants gouvernementaux de l'État et du Commonwealth, des consommateurs de charbon et des producteurs. Les objectifs visés par ce programme sont d'élaborer une stratégie nationale concernant le charbon écologique en vue de réduire ou d'éliminer les émissions de gaz à effet de serre provenant des centrales électriques au charbon. En outre, ce programme va contribuer à promouvoir et à favoriser la démonstration, la commercialisation et l'adoption précoce de la TCE en Australie, mettant surtout l'accent sur la R-D effectuée au pays. Finalement, il va faciliter la sensibilisation du public au rôle du charbon en Australie et au potentiel de production de ces immenses réserves sur son territoire.

En ce qui a trait aux activités de recherche, le Centre coopératif de recherche sur le charbon pour le développement durable jouit d'un appui permanent avec des engagements de financement étalés sur sept ans de l'ordre de 65 millions \$ par année (dollars australiens). Les programmes ciblés se rapportent particulièrement à l'efficacité de la combustion et à la gazéification. Un des programmes est axé sur la combustion et la gazéification avancées faisant appel à la lignite à haute humidité.

Union européenne

L'Union européenne appuie un ambitieux projet de développement des matières identiques à celui des États-Unis qui se nomme le Projet de centrale électrique perfectionnée à combustible pulvérisé. Celui-ci fait partie intégrante du cadre plus large appelé *THERMIE* qui regroupe 40 organismes en provenance de 11 pays. Il vise à concevoir de super alliages et à atteindre des conditions de vapeur ultra-supercritique dans des chaudières de charbon pulvérisé atteignant des températures supérieures à 700°C, des pressions de plus de 37,5 Mpa et une efficacité excédant les 50 p. 100.

Récemment au Danemark, on a mis en service deux centrales ultra-supercritiques présentant des conditions de vapeur de 20 Mpa et des températures de 580°C, en plus d'une efficacité de 43 p. 100 (pouvoir calorifique supérieur). Le gouvernement allemand réalise une nouvelle entreprise de R-D (*Technologie pour la réduction du CO₂*) destinée à relever l'efficacité des centrales électriques au charbon dans une proportion de 53 à 55 p. 100 d'ici 2020.

Les politiques gouvernementales du Royaume-Uni, par l'entremise du ministère du Commerce et de l'Industrie, sont destinées à encourager le recours à la TCE dans les autres pays. Pour cela, il existe un programme qui porte sur la R-D, les transferts technologiques et la promotion des exportations (Henderson, 2003a). Ces politiques vont permettre au Royaume-Uni de jouer un rôle déterminant pour ce qui est du transfert de la TCE dans les pays en développement, cela de la manière suivante :

- ❑ en aidant l'industrie à atteindre ses objectifs technologiques en matière de production avancée d'électricité ;
- ❑ en favorisant la recherche scientifique fondamentale dans le domaine du charbon en collaboration avec le Conseil national de recherches sur l'ingénierie et les sciences physiques ;
- ❑ en appuyant le développement d'un secteur de l'équipement en matière de charbon écologique qui soit concurrentiel à l'échelle internationale et en faisant la promotion des compétences du Royaume-Uni sur les marchés de l'exportation ;

- ❑ en examinant les possibilités qui s'offrent en vue du développement des ressources en méthane de houille au Royaume-Uni à l'aide de la technologie axée sur la gazéification du charbon.

Une entreprise du Royaume-Uni a déjà des plans pour la réalisation d'une centrale électrique de 460 MW à cycle combiné de gazéification qui est en mesure de capturer le carbone.

Il est important de noter les différences qui existent entre les besoins en matière de TCE du Canada et la R-D effectuée ailleurs. La TCE au Canada doit être adaptée aux charbons subbitumineux et à la lignite pauvres. Ainsi, la R-D et les développements technologiques seront différents ici de ce qui se passe aux États-Unis, au Japon, en Australie et dans les pays de l'Union européenne, des endroits où l'accent est surtout mis sur des charbons bitumineux et subbitumineux riches. Cet état de fait signifie qu'il y a là une occasion unique pour exporter la TCE canadienne vers des pays qui sont également dépendants des charbons pauvres. En 2001, on a utilisé dans le monde 903 Mt de lignite pour la production de l'électricité, dont 36 Mt par le Canada. Cette année-là, 48 p. 100 de tout le charbon produit dans le monde était de la variété de la lignite ou des subbitumineux (World Coal Institute, 2005). Il est aisé de constater que les marchés de la TCE destinée aux charbons pauvres pourraient dépasser les frontières du Canada, tandis que les possibilités d'exportation ou de transfert de celle-ci pourraient être immenses.

Les prévisions concernant le charbon écologique au Canada

Avant de se lancer dans la description des possibilités technologiques offertes et de leur potentiel prévu dans les diverses parties du Canada, il convient de souligner les caractéristiques géologiques locales pour le charbon canadien. La figure 4.10 donne la répartition des ressources houillères au Canada. Le charbon subbitumineux et la lignite sont utilisés dans les provinces de l'Alberta et de la Saskatchewan pour produire de l'électricité. Par le passé, le charbon bitumineux était produit sur la côte Est pour en faire de l'électricité. Aujourd'hui, on le produit dans les régions montagneuses de l'Alberta et de la Colombie-Britannique pour l'exporter en tant que charbon cokéifiable. Le charbon américain et sud-américain est actuellement importé dans l'est du Canada. Le charbon subbitumineux de l'ouest des États-Unis, plus précisément du Montana et du Wyoming, se retrouve en Ontario, avec également de petites quantités en Manitoba (Downing, 2002).

Un grand nombre de Canadiens a accès aux dépôts locaux de charbon, lesquels constituent des valeurs stratégiques dans certaines parties du pays. La Saskatchewan et l'Alberta sont des provinces de l'Ouest qui dépendent fortement du charbon pour produire de l'électricité. Dans ces deux provinces, les approvisionnements en charbon représentent, respectivement, 57 et 67 p. 100 des éléments qui servent à la production de l'électricité. Tout le charbon utilisé en Saskatchewan et en Alberta provient des réserves provinciales. Un autre point d'importance géographique à souligner est que le secteur industriel de la Saskatchewan et celui de l'Alberta sont parfaitement bien situés pour l'application de la TCE, étant donné la présence de grands emplacements de stockage de CO₂ partout à l'intérieur du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien. Cet état de fait vient, encore une fois, démontrer l'importance des liens existants entre les données des présentes CRTCE et celles des CRTSC, l'autre activité parallèle s'y rapportant. Le charbon écologique doit pouvoir compter sur la TCE pour vraiment assurer un avenir sans émissions pour la production de l'électricité.

Toute nouvelle centrale au charbon devra sans doute être construite dans des régions qui ont toujours compté sur ce combustible. C'est dans le contexte de ces régions que les prévisions qui sont faites ci-après concernant la technologie liée au charbon écologique peuvent se concrétiser. Les provinces de l'Atlantique et l'Ontario ont, par le passé, fait assidûment appel au charbon pour la

production de l'électricité, et continue de le faire aujourd'hui. Malgré la politique adoptée par l'Ontario d'éliminer graduellement l'usage du charbon, cette province est incluse dans la présente section en raison des questions portant sur l'à-propos de cette politique à la lumière des nouvelles possibilités offertes par la TCE.



Province de l'Atlantique

D'ici 2010, les producteurs thermiques dans les provinces de l'Atlantique seront tenus d'ajouter des systèmes de contrôle des émissions polluantes (de SO_x , de NO_x et de Hg) à leurs installations actuelles à base de charbon pulvérisé. À long terme, il devront se conformer à des normes se rapportant à l'absence presque totale d'émissions.

En conséquence, des centrales électriques de cogénération avec combustion en lit fluidisé pourraient être envisagées pour la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick d'ici 2010. Ces centrales fonctionneraient au coke de pétrole mélangé à du charbon bitumineux provenant de sources internationales, en plus d'être co-alimentées par des produits locaux de la biomasse. En Nouvelle-Écosse, ce genre de centrale serait construit avec l'intention de faire l'objet d'une modernisation plus tard (vers 2020) et serait doté d'un épurateur aux amines afin d'éliminer le CO_2 provenant de la récupération du méthane de houille renforcé dans les veines de charbon.

Il se peut que l'on construise, d'ici 2020, une nouvelle centrale de cogénération de 250 MW_e alimentée avec du charbon pulvérisé supercritique ou ultra-supercritique, et co-alimentée avec du charbon de pétrole importé, ainsi que du charbon bitumineux ou subbitumineux, fournissant ainsi l'élan nécessaire à la réouverture des mines de charbon du cap Breton. Les provinces de l'Atlantique peuvent également envisager la construction d'une centrale à oxy-combustibles supercritiques ou ultra-supercritiques (d'environ 300 MW), dont les gaz de carneau (avec du CO₂ enrichi) permettraient une capture et une utilisation aisées dans la production de méthane de houille renforcé.

En Nouvelle-Écosse, il serait possible de construire une centrale de 200 à 400 MW_e à Port Hawkesbury qui fonctionnerait selon un cycle combiné de gazéification avec des charbons bitumineux de la province et d'ailleurs. Cette centrale tirerait avantage d'un accès direct à un port d'eaux profondes. On pourrait également se servir de coke de pétrole et de produits de la biomasse pour co-alimenter le gazogène. Cette centrale serait concurrentielle par rapport à une centrale fonctionnant selon un cycle combiné au gaz naturel du Plateau néo-écossais, en plus de venir remplacer une des centrales actuelles au charbon pulvérisé. Le CO₂ recueilli servirait à la récupération du méthane de houille renforcé. La vapeur et l'hydrogène en provenance de cette centrale seraient récupérés par l'industrie locale et par les réseaux de chauffage commerciaux.

Du charbon bitumineux importé pourrait également être utilisé dans une centrale fonctionnant selon le cycle combiné de gazéification située à Saint-Jean, au Nouveau-Brunswick. Il y existe un marché pour l'hydrogène de produit secondaire dans une raffinerie de pétrole locale, réduisant ainsi la quantité d'émissions produites par cette dernière au moment du reformage du gaz naturel. Encore une fois, le coût en serait concurrentiel avec celui d'une centrale avec un cycle combiné de gaz naturel faisant appel à un produit extracôtier. Le coût de la capture et du stockage du carbone à cette centrale du Nouveau-Brunswick pourrait s'avérer prohibitif en raison de la distance existante avec un emplacement de stockage possible

Les producteurs thermiques de l'Atlantique ont accès à des combustibles importés comme le charbon, le coke de pétrole, le gaz naturel et le GNL.

En 2001, la Nouvelle-Écosse a consommé 3,5 Mt de charbon, alors que le Nouveau-Brunswick en consommait un autre 1,4 Mt en provenance des États-Unis et de l'Amérique du Sud, et près de toute cette quantité a servi à la production d'électricité (ACC, 2005).

En raison de la demande régionale pour des centrales de production de petites et de moyennes dimensions, l'énergie nucléaire n'est pas une option attrayante.

La Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick sont surtout attirés par la production alimentée par un combustible fossile, y compris le charbon ; il existe également des options pour la capture et le stockage du CO₂ dans les veines profondes de charbon, que ce soit en vue de la récupération du méthane de houille renforcé ou du stockage permanent.

Ontario

Des études menées récemment indiquent l'impossibilité d'éliminer graduellement l'utilisation du charbon dans la province en accord avec le calendrier établi dans la politique en raison d'un manque d'accès à d'autres capacités de production électrique (CERI, 2005 ; institut Frazer, 2005). Si la pénurie d'électricité prévue intervient en Ontario durant la période d'élimination graduelle, il faudra sans doute envisager de se tourner vers la combustion du charbon (avec un contrôle renforcé de la pollution) pour répondre à la demande

Même si l'élimination graduelle du charbon se réalise, il est très facile d'envisager un scénario étalé sur une période à long terme (au-delà de 2020) où ce combustible reviendra prendre sa place au

sein des approvisionnements en énergie de l'Ontario dans les centrales électriques alimentées au charbon supercritique ou ultra-supercritique pulvérisé. Ces centrales pourraient englober des installations de cogénération de 250 MW_e alimentées par du coke de pétrole et des charbons bitumineux importés. Il serait possible de construire en Ontario des centrales électriques efficaces fonctionnant selon un cycle combiné de gazéification afin de remplacer les installations thermiques retirées et de compléter les centrales nucléaires nouvelles ou modernisées. Une centrale de 200 à 400 MW fonctionnant selon un cycle combiné de gazéification construite à Nanticoke pourrait utiliser du bitumineux américain en combinaison avec des déchets urbains solides. L'hydrogène comme produit secondaire pourrait être vendu à des raffineries de pétrole ou servir à la réduction directe de minerai de fer dans la fabrication de l'acier.

L'Ontario a, en 2001, consommé 14,3 Mt de charbon thermique (une baisse par rapport à la quantité de 1988 qui a atteint un sommet de 20 Mt), en plus d'utiliser un autre 4,8 Mt de charbons d'autres genres pour la production de l'acier et des applications industrielles générales (ACC, 2005).

La politique actuelle du gouvernement provincial vise à une fermeture graduelle des centrales au charbon en Ontario d'ici 2007. Il sera difficile, toutefois, de combler l'écart dans les approvisionnements causé par cette politique et plusieurs sont d'avis que le charbon sera indispensable.

De nouvelles capacités en production de charbon seront nécessaires pour se conformer à des normes plus contraignantes dans le domaine des émissions

Saskatchewan

D'ici 2020, une nouvelle centrale électrique de 450 MW_e, alimentée aux oxy-combustibles supercritiques ou ultra-supercritiques, pourrait être exploitée en Saskatchewan. Cette centrale serait alimentée par de la lignite locale, tandis que le CO₂ serait retiré des gaz de carneau et utilisé à l'intérieur d'une usine d'engrais ou pour la récupération assistée du pétrole – comme c'est déjà le cas à Weyburn. Actuellement, la réalisation du projet de Weyburn entraîne le transport du CO₂ par canalisations à partir d'une installation de gazéification située dans le Dakota du Nord, mais du CO₂ de source locale serait, à bien des égards, certainement plus attirant.

La lignite de la Saskatchewan comme matière première cause plus de difficultés techniques pour le cycle combiné de gazéification que les charbons subbitumineux de l'Alberta. Néanmoins, on envisage la réalisation d'une centrale avancée de deuxième génération (de 200 à 400 MW_e) à échelle de démonstration à Belle Plaine d'ici 2010 à 2020. Une autre centrale du même genre devrait suivre à Lloydminster ou Regina. Si cette technologie aboutit sur le marché, une troisième centrale sera sans doute construite à Estevan après l'année 2020.

Les installations de valorisation du pétrole lourd constituent des marchés actuels pour l'hydrogène produit, lequel peut servir à remplacer celui obtenu par reformage du gaz naturel. D'autres marchés possibles seraient les producteurs d'ammoniac et d'engrais. Comme déjà mentionné, le CO₂ pourrait être utilisé dans les usines d'engrais et dans la récupération assistée du pétrole.

Alberta

L'intérêt principal de l'Alberta se situe dans la gazéification. Toutefois, pour la période après l'année 2020, elle envisage la construction de centrales de combustion d'oxy-combustibles semblables à celles de la Saskatchewan. Ce genre de centrales seraient alimentées par du charbon subbitumineux, tandis que le CO₂ capturé servirait à la production de méthane de houille renforcé, à la récupération assistée du pétrole et à la récupération assistée du gaz naturel.

La hausse de la demande en électricité en Alberta sera principalement satisfaite en ayant recours à la technologie à base de cycle combinée de la gazéification. Un des facteurs majeurs qui appuient cette tendance est la nécessité d'une autre source de combustible que le gaz naturel dans les régions où l'on retrouve des sables bitumineux. Le gaz naturel est actuellement utilisé pour la production sur place d'électricité, l'hydrogène pour la valorisation et la vapeur pour l'extraction du bitume. Les préoccupations de plus en plus grandes, toutefois, au sujet des futurs approvisionnements en gaz naturel amènent les exploitants de sables bitumineux à examiner des sources de combustibles de remplacement étant donné leur grande dépendance envers les prix de ce même gaz naturel.

L'Alberta a, en 2001, été le plus grand producteur de charbon au Canada avec 30,9 Mt. Elle a, la même année, consommé 25,4 Mt de charbon qui ont servi en totalité à produire de l'électricité.

L'Alberta va continuer à recourir à son charbon subbitumineux pour produire de l'électricité et pour remplacer le gaz naturel actuellement utilisé dans l'exploitation des sables bitumineux.

La technologie privilégiée est la gazéification pour la production de l'électricité en cycle combiné ou pour la multi-production de matières chimiques et d'autres combustibles ; dans les deux cas, le tout est suivi par la capture et le stockage du carbone

On s'attend généralement à ce que le rythme de développement en Alberta (et plus particulièrement, celui des sables bitumineux) établisse le rythme de développement de la technologie à base de cycle combiné de la gazéification au Canada. Les forces actuelles du marché, en particulier la hausse des prix du gaz naturel, devraient entraîner la construction à Fort McMurray de la première centrale canadienne de démonstration de la technologie à base de cycle combiné de la gazéification (de 400 à 600 MW_e), sans doute vers 2012. Celle-ci ferait appel à du coke de pétrole à forte teneur de soufre mélangé à du bitume provenant des gisements de sables bitumineux et à du charbon subbitumineux. Cette option serait la meilleure pour répondre aux besoins locaux, surpassant toutes les autres options concurrentes, y compris l'énergie nucléaire.

Une part encore plus élevée du charbon de l'Alberta alimentera les centrales commerciales de deuxième génération construites à Fort Saskatchewan et Fort McMurray. À l'intérieur de ces centrales, le CO₂ sera capturé et utilisé à la production de méthane de houille renforcé, à la récupération assistée du pétrole et à la récupération assistée du gaz naturel dans le bassin sédimentaire de l'Ouest canadien. Une centrale de multi-production à Fort Saskatchewan utilisant la technologie à base de cycle combiné de la gazéification fournirait de la vapeur, de l'hydrogène et des gaz de synthèse pour les usines pétrochimiques, les raffineries et les installations de valorisation de pétrole lourd, de même que de l'hydrogène pour les usines locales d'engrais. À long terme (au-delà de 2020), il se peut que l'on construise une centrale de troisième génération à Genesee, pourvu que tous les éléments technologiques nécessaires soient sur le marché à ce moment-là.

Il existe partout au Canada de multiples possibilités de construire des centrales à base de combustion ou de gazéification. Les tableaux 4.4 et 4.5 donnent un résumé de celles déjà indiquées précédemment.

Tableau 4.4 Futures possibilités de combustion

Produits d'alimentation	Techniques de combustion et de capture	Produits destinés à l'industrie		Périodes et emplacements			Capacité des installations
		Électricité, vapeur, hydrogène pour :	CO ₂ pour :	Jusqu'à 2010	De 2010 à 2020	Au-delà de 2020	
Bitumineux et subbitumineux locaux, coke de pétrole importé	Nouveau supercritique et ultra-supercritique avec épuration des animes, chaleur et électricité combinées	Entreprises de service public d'électricité et chauffage commercial	Méthane de houille amélioré		AB, SK	AB, SK, N.-É., N.-B., ON	250 MW
Biomasse, bitumineux local, coke de pétrole importé	Lit fluidisé, chaleur et électricité combinées	Entreprises de service public d'électricité, industrie et chauffage commercial		N.-É., N.-B.			250 MW
Biomasse, bitumineux local, coke de pétrole importé	Appareil d'épuration des animes modernisé	Entreprises de service public d'électricité, industrie et chauffage commercial	Méthane de houille amélioré			N.-É., N.-B.	250 MW
bitumineux, coke de pétrole importé	Nouveau oxy-combustible supercritique avec capture du CO ₂ , nouveau oxy-combustible ultra-supercritique avec capture du CO ₂	Entreprises de service publique d'électricité	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole			N.-É., N.-B.	300 MW
Subbitumineux local et lignite	Nouveau oxy-combustible supercritique avec capture du CO ₂ , nouveau oxy-combustible ultra-supercritique avec capture du CO ₂	Entreprises de service publique d'électricité	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole		AB, SK	AB, SK	450 MW

(Source: AD, 2004)

Tableau 4.5 Futures possibilités de gazéification

Produits d'alimentation	Technologie liée à la gazéification	Produits destinés à l'industrie		Périodes et emplacements			Emplacements des installations
		Électricité, vapeur, hydrogène et gaz de synthèse pour :	N ₂ et CO ₂ secondaires pour :	2010	De 2010 à 2020	Au-delà de 2020	
Bitumineux importé	Troisième génération	Entreprises de service public d'électricité, industrie et chauffage commercial	Méthane de houille amélioré			N.-É.	Port Hawkesbury
Bitumineux importé	Deuxième génération	Valorisation, raffinage			ON		Nanticoke
Bitumineux local importé	Troisième génération	Raffinage				N.-B.	Saint John
Subbitumineux local, coke de pétrole importé	Démonstration, deuxième et troisième génération	DGMV et valorisation	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole		AB	AB	Ft. McMurray
Subbitumineux local et coke de pétrole	Deuxième et troisième génération	Raffinage et produits pétrochimiques	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole, récupération assistée du gaz naturel		AB	AB	Ft. Saskatchewan
Subbitumineux local	Deuxième génération	Raffinage et produits pétrochimiques	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole, récupération assistée du gaz naturel		AB	AB	Genesee
Lignite locale et coke de pétrole	Démonstration, deuxième et troisième génération	Raffinage et engrais	Méthane de houille amélioré, récupération assistée du pétrole, récupération assistée du gaz naturel		SK	SK	Belle Plaine
Lignite locale et coke de pétrole	Deuxième génération	Valorisation, raffinage et engrais	Récupération assistée du pétrole et engrais		SK	SK	Lloydminster
Lignite locale et coke de pétrole	Deuxième génération	Valorisation, raffinage et engrais	Récupération assistée du pétrole et engrais		SK	SK	Regina
Lignite locale	Troisième génération	Entreprises de service public d'électricité	Récupération assistée du pétrole			SK	Estevan

(Source: AD, 2004)

Résumé de la section

Des possibilités en matière de TCE s'offrent tout au long des parcours de la combustion et de la gazéification. Le parcours de la combustion est en grande partie constitué d'améliorations supplémentaires apportées à la technologie actuelle, de concert avec le développement de nouveaux éléments à toutes les étapes. La technologie liée à la gazéification en est actuellement à un stade beaucoup plus précoce de la R-D dans le continuum de la commercialisation. Par conséquent, elle doit s'appuyer davantage sur le développement d'éléments entièrement nouveaux. À l'intérieur du parcours de la gazéification, on retrouve de grandes possibilités de combiner des réseaux énergie/produits chimiques (multi-production), alors qu'une installation peut servir à obtenir des matières chimiques, de l'hydrogène, de l'électricité, de la chaleur et de la vapeur.

L'épuration du charbon en amont aidera à éliminer les agents contaminants avant son utilisation dans les centrales de tous genres. C'est un peu comme le gaz naturel qui, aujourd'hui, est utilisable dès sa livraison. La production combinée de chaleur et d'électricité est intéressante dans les deux parcours de la combustion et de la gazéification. D'autres activités de R-D fondamentale en matière de développement des matières seront profitables à toutes les installations thermiques. La capture et le stockage du CO₂ sont essentiels dans les deux parcours puisque c'est seulement en y recourant que le secteur houiller sera en mesure d'atteindre son objectif ultime, soit la production d'électricité sans émissions.

Les États-Unis, le Japon, l'Australie et les pays de l'Union européenne ont mis sur pied d'ambitieux programmes en vue de développer et de commercialiser la TCE. Le Canada pourrait profiter des informations et de la technologie qui découlent de ces activités internationales. Le Canada, toutefois, s'il veut tirer parti du travail accompli ailleurs, devra collaborer et contribuer aux activités globales de R-D qui sont réalisées.

La combustion et la gazéification pourraient être avantageuses partout au Canada, en particulier dans les provinces dépendantes du charbon comme la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, l'Ontario, la Saskatchewan et l'Alberta. La mise en valeur de la TCE aura un rôle déterminant à jouer pour maintenir la position actuelle du charbon dans les approvisionnements en énergie primaire du Canada, en plus de constituer la seule façon pour ce combustible de continuer à intervenir dans l'avenir du pays.

5. Le charbon écologique au Canada

La vision

La vision qui émerge des CRTCE est celle d'une industrie canadienne de la production électrique qui s'avère *un chef de file dans l'adaptation et le regroupement de la technologie et des connaissances en vue de l'utilisation efficace du charbon et des combustibles au carbone de faible valeur comme sources énergétiques pour la production d'électricité, d'hydrogène, de chaleur et de matières chimiques avec peu ou pas de répercussions environnementales sur l'eau, l'air et la terre.*

L'intention sous-jacente à cette vision est de réduire toutes les répercussions environnementales de l'énergie produite à partir du charbon à un niveau conforme à l'acceptation publique. Pour y arriver, il faudra développer et mettre en application d'une TCE dénuée de presque toutes émissions.

Un secteur de l'électricité qui adhère à cette vision serait celui qui aurait transformé cette dernière en images et en résultats pour devenir :

- ❑ un chef de file national, proactif dans la recherche et le développement liés à la TCE
- ❑ un maître d'œuvre dans l'atteinte de standards élevés en matière de rendement environnemental en ayant recours, pour ses opérations, à la meilleure technologie sur le marché
- ❑ un bon citoyen à l'échelle locale, considéré comme étant responsable sur le plan de l'environnement et engagé envers la santé et le bien-être des collectivités du Canada et de l'étranger
- ❑ un élément de la solution visant à développer des sources d'énergie durables en construisant tout un ensemble de centrales au charbon écologique qui fournit de l'électricité au pays
- ❑ un secteur capable d'adapter et de combiner les principales techniques dans la R-D et les démonstrations accomplies au Canada.

La présente section résume les lacunes existantes en matière de TCE au Canada et un ensemble clair des objectifs permettant de les combler. On y trouvera également les cinq éléments d'une

Observations concernant la section

La lacunes critiques qui freinent la TCE au Canada ont été déterminées : parmi celles-ci, on retrouve les obstacles sociaux, économiques et techniques.

Les éléments stratégiques décrits ici couvriront les lacunes techniques en établissant les étapes à franchir pour atteindre les cinq objectifs SAGES.

Les intervenants de l'industrie assument la responsabilité principale pour ce qui est de réaliser les cinq éléments stratégiques ; l'établissement de partenariats avec les organismes pertinents à l'échelle nationale et internationale est indispensable.

Les effets consécutifs à la mise en application de cette stratégie se feront ressentir partout au Canada et par un grand nombre de secteurs industriels.

L'occasion de profiter de la technologie avancée liée au charbon écologique s'offre maintenant et, en optant pour celle-ci, nous travaillons à l'intérêt de tous les Canadiens des futures générations.

stratégie globale de mise en œuvre afin d'atteindre les objectifs visés, ainsi que les effets qu'aura cette stratégie sur les diverses régions du Canada.

Les lacunes critiques et les objectifs

Se fondant sur les commentaires formulés durant les ateliers mis sur pied dans le cadre des CRTCE, le Groupe consultatif des Cartes routières a effectué une analyse des lacunes critiques,

Tableau 5.1 Objectifs SAGES pour la TCE			
Situation actuelle	Future situation désirée (Vision)	Lacunes critiques (Objectifs de haut niveau)	Objectifs SAGES
Perception publique selon laquelle le charbon est un combustible polluant ; peu de compréhension des avantages stratégiques offerts par le charbon.	Le charbon considéré comme une voie vers une économie énergétique écologique, dénuée de carbone et presque sans émissions.	Un organisme national responsable de l'information publique.	1. Sensibilisation du public Établir un programme national d'information sur le charbon écologique afin d'élaborer et de diffuser des renseignements publics par l'entremise de sites Web, de publications et de forums d'allocutions.
Un grand organisme international bien réparti offrant des connaissances sur le traitement, la combustion et la gazéification du charbon, ainsi que sur son rôle dans la production d'électricité et de matières chimiques.	Accès à ces connaissances afin d'appliquer et d'adapter ces renseignements et cette technologie pertinents aux besoins canadiens.	Un site Web à l'échelle nationale avec un accès aux données à jour sur la TCE. Le site Web actuel sur les CRTCE, géré par le CTEC – Ottawa, pourrait être élargi pour remplir effectivement ce rôle.	2. Surveillance et collaboration technologiques Mettre sur pied un Centre national de renseignements concernant les avancées technologiques à l'échelle nationale, avec données offertes par Internet sur abonnement.
Bien qu'elle offre des normes de rendement environnemental supérieures, la TCE n'est pas encore sur le marché et ou concurrentielle par rapport aux techniques commerciales se rapportant au charbon classique, au gaz naturel et aux autres combustibles fossiles.	La TCE est concurrentielle par rapport aux meilleures techniques sur le marché, faisant appel à un cycle de vie comparable et englobant les répercussions environnementales qui en découlent.	Des techniques améliorées pour tous les types de charbon, l'épuration et le conditionnement du charbon, l'alimentation, la combustion, la gazéification, l'épuration et le conditionnement des gaz, la production d'électricité, la production de matières chimiques et la production de combustibles synthétiques.	3. Programmes de R-D Des programmes canadiens de développement technologique sont en place pour solutionner les lacunes critiques, produisant le maximum d'effets sur les installations de démonstration et commerciales.
Absence de vision et de modèles d'affaires qui établissent le genre de démonstrations, hautement nécessaires, de la TCE offrant le meilleur potentiel commercial et les plus grandes retombées pour le Canada.	Un engagement commun à l'échelle nationale à l'égard de l'apprentissage rendu possible par la mise sur pied d'un consortium gouvernement-industrie qui investit, construit et exploite des installations de démonstration offrant un potentiel commercial.	Une vision commune entre les partenaires du gouvernement et de l'industrie. Des modèles d'affaires qui établissent les emplacements de démonstration offrant le meilleur potentiel commercial.	4. Développement commercial pré-démonstration a. Une vision et des modèles d'affaires communs à l'échelle nationale que devra développer le consortium gouvernement-industrie. Sélection d'un emplacement de démonstration et arrangements de financement. b. a. Mise en place, d'ici 2006, de stratégies de réduction des risques en vue d'appuyer la première installation de démonstration. Mise en place de programmes de développement pour établir les stratégies de réduction des risques répondant à d'autres besoins de démonstration.
En tant qu'éléments indépendants, l'industrie et le gouvernement sont exposés à de grands risques au chapitre du développement et de la commercialisation de la TCE au Canada.	Des stratégies de réduction des risques coordonnées et convenues entre tous les intervenants afin d'assurer le développement et la commercialisation de la TCE en temps opportun.	Des stratégies efficaces de réduction des risques établies entre le gouvernement et l'industrie.	b. a. Mise en place, d'ici 2006, de stratégies de réduction des risques en vue d'appuyer la première installation de démonstration. Mise en place de programmes de développement pour établir les stratégies de réduction des risques répondant à d'autres besoins de démonstration.
Absence d'installations de démonstration et manque de R-D d'appui à l'échelle canadienne permettant de mettre au point des techniques répondant aux besoins du pays.	Une ou plusieurs installations de démonstration au Canada, avec la R-D axée sur les lacunes technologiques critiques (comme dans le cas du développement des sables bitumineux par le passé).	Un ensemble équilibré de technologie et de développement commercial axé sur le regroupement, l'adaptation, de même que sur la collaboration et la coordination internationales.	5. Démonstrations technologiques Conception et exploitation combinées et optimisées de la première installation de démonstration, et des installations subséquentes, relativement au charbon écologique. Mise en place, d'ici 2006, de la stratégie initiale, laquelle sera continuellement mise à jour par la suite.
Nota : La mise en fonction de la première installation canadienne de démonstration de la TCE est prévue d'ici 2012.			

laquelle a consisté d'abord à définir la situation actuelle des affaires, le tout étant suivi de l'établissement des six principaux facteurs responsables des obstacles qui retardent la commercialisation de la TCE au Canada. Ces facteurs sont énumérés dans la première colonne du tableau 5.1. La deuxième colonne est une description de la situation désirée à l'avenir (ou la vision) pour chacun des facteurs. La troisième colonne décrit les objectifs de haut niveau qu'il faut atteindre pour combler l'écart entre la situation actuelle et la situation désirée. Les membres du Groupe consultatif ont aussi déterminé des objectifs qui sont spécifiques, qui sont appréciables, que l'on peut générer, empreints de réalisme et situés dans une période appropriée (SAGES), objectifs qui seront visés si l'on veut atteindre des buts élevés et, ainsi, promouvoir la TCE au Canada.

Les programmes de R-D (objectif SAGES 3) sont des éléments d'une grande importance et les membres du Groupe consultatif ont réalisé une activité séparée en vue d'élaborer une autre série d'objectifs SAGES reliée particulièrement à la R-D (se référer à l'annexe C pour de plus amples détails à ce sujet). De même, on a établi un objectif à deux volets (4a et 4b) concernant les démonstrations pré-technologie en raison des liens unissant les deux tâches.

Cinq stratégies liées aux objectifs SAGES

La communauté canadienne de la TCE a besoin immédiatement d'une formule stratégique opportune afin de passer de la situation actuelle à la situation désirée pour le secteur du charbon écologique. Pour y arriver, il faut une vision, des engagements et la promotion continue des activités stratégiques visant à atteindre les cinq objectifs SAGES. En fin de compte, l'atteinte de ces objectifs permettra de répondre aux objectifs de rendement établis précédemment (tableau 3.2). En conséquence, chacun des cinq éléments qui suivent se rapportant à la stratégie commune de mise en œuvre est relié directement à un objectif SAGES. Les détails de chaque élément sont fournis en fonction des activités prévues, de la portée, des aboutissements, des résultats souhaités et des maîtres d'œuvre de la mise en application.

1 Information du public

Obtenir l'acceptation du grand public concernant les techniques avancées qui peuvent permettre la consommation du charbon tout en se conformant à des objectifs environnementaux plus contraignants est un élément incontournable à la réussite de la TCE au Canada. L'information du public demeure le propos du Programme national d'information sur le charbon écologique, lequel servira à diffuser les détails relatifs à la TCE grâce à l'élaboration de sites Web, de publications et de forums de discussions.

Activités:

- ❑ Identifier des spécialistes reconnus dans les communautés scientifique et technique, et favoriser leur participation aux activités de groupes de travail et de comités consultatifs vers qui les membres des médias vont se tourner pour obtenir des renseignements.
- ❑ Concevoir une stratégie permettant d'établir les responsables de la réglementation (tant professionnels qu'élus) pour des séances d'informations sur les options énergétiques du Canada, en plus de veiller au maintien du charbon parmi ces options.
- ❑ Déterminer quels sont les responsables de l'élaboration de politiques liées aux combustibles fossiles et exhorter ceux-ci à maintenir le charbon parmi les options viables afin d'assurer la vigueur de l'économie et la sécurité des approvisionnements en énergie à l'échelle nationale.
- ❑ Sensibiliser les dirigeants et les institutions d'enseignement à l'importance de la science pour tenir le public informé.

- ❑ Établir un programme d'information du public pour faire office de forum de discussions sur l'énergie et sur les sources d'énergie disponibles au Canada

Portée:

Le Programme d'information sera destiné aux gouvernements, aux responsables de l'élaboration de politiques, à la communauté scientifique et au grand public.

Aboutissements:

Il en résultera un site Web public, des brochures, des rapports et des présentations à des forums publics.

Résultats souhaités:

Le résultat souhaité sera l'acceptation publique du charbon en tant que source d'énergie importante sur le plan stratégique et acceptable sur le plan environnemental à l'intérieur des approvisionnements énergétiques globaux du Canada.

Maître d'œuvre de la mise en application:

L'Association charbonnière du Canada (ACC) sera l'organisme principal qui s'occupera d'établir et de gérer le Programme national d'information sur le charbon écologique. L'ACC a été choisie en raison du rôle qu'elle joue comme association représentant une large gamme de parties intéressées de l'industrie, depuis les principaux producteurs de charbon et les grandes entreprises de service public utilisant ce combustible, en passant par les compagnies de chemin de fer et les administrateurs portuaires qui font le transport du charbon, pour aboutir aux fournisseurs industriels de biens et de services. De fait, l'ACC représente des entreprises engagées dans l'exploration, la mise en valeur, la consommation et le transport du charbon.

L'ACC préconise la consommation du charbon écologique en s'engageant dans le développement technologique et en établissant la communication avec ses membres, les gouvernements et les intervenants du secteur public. Les membres de l'ACC croient fermement que le charbon va jouer un rôle important dans la satisfaction des futurs besoins énergétiques du Canada.

2 La surveillance et la collaboration en matière de technologie

Gérer un mécanisme de surveillance de la technologie à l'échelle internationale en mettant sur pied un centre de renseignement virtuel à base de site Web sur le charbon écologique va permettre d'établir une tribune pour des activités de collaboration en la matière. Ce centre donnera la possibilité aux parties intéressées par la TCE de réagir efficacement aux changements dans la demande sur le marché de l'énergie et aux exigences environnementales.

Activités:

- ❑ Déterminer, à l'échelle nationale et internationale, les occasions de mise en valeur et d'affaires se rapportant à la TCE.
- ❑ Mettre sur pied un réseau de compétences expertes parmi les organismes de R-D, les fournisseurs technologiques et les autres parties intéressées.
- ❑ Mettre sur pied un réseau d'informations portant sur les démonstrations technologiques et les mécanismes de contrôle environnemental.
- ❑ Promouvoir l'établissement de partenariats et de liens de collaboration entre les membres de l'industrie, les universitaires et les représentants du gouvernement afin de forger les meilleures alliances permettant de développer et de commercialiser la technologie.

- ❑ Promouvoir les produits et les services commerciaux des membres du réseau.
- ❑ Encourager le partage public et privé des installations spécialisées de R-D en combustion.
- ❑ Élaborer un bulletin semestriel.
- ❑ Encourager l'accroissement, la participation et l'interaction des membres.
- ❑ Formuler des recommandations pour l'amélioration du site Web en fonction de sondages menés auprès de la clientèle

Portée:

Le réseau de collaboration vise certains publics, notamment :

- ❑ des exploitants de chaudières, de fours à gazéification, de turbines et de fours ;
- ❑ des fabricants d'équipement de combustion et de mécanismes de contrôle ;
- ❑ des concepteurs et des producteurs de techniques de contrôle environnemental ;
- ❑ des fabricants d'équipement de surveillance des émissions ;
- ❑ des producteurs et des distributeurs de charbon ;
- ❑ des experts-conseils en combustion, en gazéification et en mécanismes de contrôle environnemental ;
- ❑ des associations commerciales qui font la promotion du charbon écologique ;
- ❑ des organismes de réglementation fédéraux, provinciaux ou municipaux ;
- ❑ des universités qui étudient ou enseignent des procédés de transformation de l'énergie reliés au charbon ;
- ❑ des organismes de recherche nationaux, internationaux, privés ou publics.

Aboutissements:

Les aboutissements prendront la forme d'un centre de renseignement complet, à base d'Internet, réunissant des données sur les organismes de R-D, la TCE avancée, les fournisseurs et les fabricants technologiques, ainsi que les activités de démonstration.

Résultats souhaités:

Les résultats seront d'accroître les liens en matière de communication afin de rehausser la qualité des activités entreprises parmi les personnes, les instituts et les partenaires du gouvernement, en plus d'accélérer le développement et la commercialisation de la TCE au Canada.

Maître d'œuvre de la mise en application:

Le Centre de la technologie de l'énergie de CANMET - Ottawa (CTEC - Ottawa) constitue le maître d'œuvre pour l'établissement du Centre national de renseignement sur le charbon écologique. On a choisi le CTEC - Ottawa en raison de ses liens actuels avec la communauté nationale et internationale de R-D sur le charbon écologique par l'entremise de l'Agence internationale de l'énergie et des gouvernements qui collaborent dans ce domaine.

En tant que maître d'œuvre gouvernemental de l'élaboration des présentes CRTCE, le CTEC - Ottawa a déjà conçu un site Web à cet égard qui permet de communiquer avec les parties intéressées. Le maintien de ce site sera assuré à l'avenir et il servira de portail au Canada pour le Centre national de renseignement sur le charbon écologique

3 Recherche et développement

Partout au sein des CRTCE, on souligné l'importance de déterminer des parcours technologiques qui sont adaptés à la situation du Canada. Il s'agit de parcours qui se rapportent aux principales difficultés que doit affronter le charbon au Canada, en particulier la réglementation environnementale et la concurrence offerte par les autres options énergétiques. Il faut, également, des parcours qui regroupent les intérêts du Canada et de la communauté internationale. S'engager dans de nouveaux parcours de R-D s'avère coûteux et risqué, ce qui exige de trouver des occasions de liens avec d'autres éléments en optant pour des consortiums internationaux. Se conformer aux parcours de la combustion et de la gazéification aidera à répondre à toute la gamme des besoins du Canada. Ces deux parcours, par ailleurs, sont l'objet d'un immense appui grâce à d'autres programmes mis en œuvre partout dans le monde. L'épuration du charbon en amont intervient bien en avant dans la chaîne des approvisionnements et permet de répondre aux intérêts des deux parcours technologiques.

Tel que mentionné précédemment, le Groupe consultatif travaille à approfondir ces éléments stratégiques afin de déterminer les principales lacunes en matière de technologie et de connaissances qui sont actuellement présentes au Canada. Les membres de ce groupe ont élaboré les objectifs SAGES afin de combler chacune de ces lacunes. Ces objectifs sont développés dans des diagrammes relatifs aux effets par rapport aux possibilités de réalisation à l'intérieur des sous-sections qui suivent (se référer aux figures 5.1, 5.2 et 5.3). Ces figures illustrent les répercussions relatives unissant chaque lacune technologique qui toucheraient la TCE (les effets) par rapport à une évaluation des possibilités de regrouper chacune de ces lacunes (les possibilités de réalisation). Les renseignements contenus dans les diagrammes relatifs aux effets par rapport aux possibilités de réalisation peuvent aider à concevoir les programmes de recherche ou à établir les priorités concernant la répartition des fonds. Les techniques indiquées au bas du quadrant de droite devraient s'avérer les plus faciles à développer, mais celles-ci n'ont que peu d'effets sur la mise en valeur de la TCE. Les techniques qui se trouvent dans le haut du quadrant de gauche ont les effets les plus importants mais elles sont risquées à développer. La zone idéale renferme les techniques qui offrent les plus grands effets et les plus grandes probabilités de réussite. L'annexe C présente davantage de détails concernant la justification sous-jacente à ces figures.

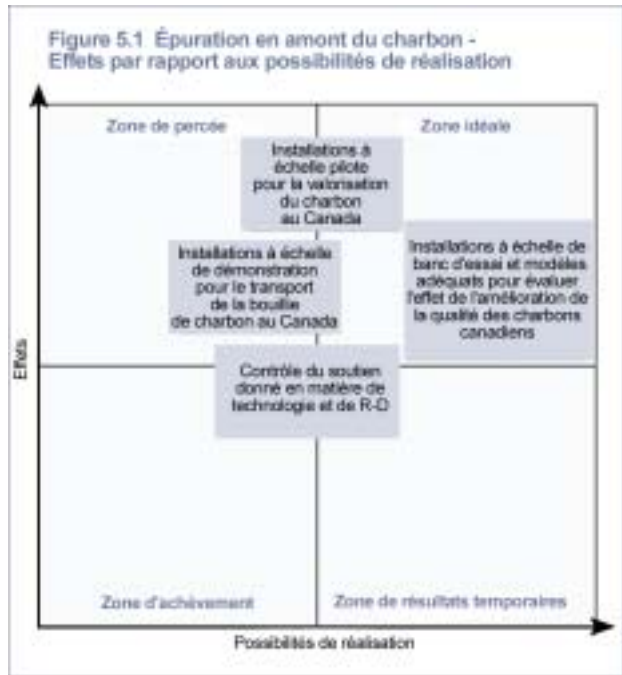
Activités:

Les sous-sections qui suivent donnent les étapes à suivre ou les activités établies pour l'application commerciale réussie des techniques portant sur l'épuration en amont du charbon, la combustion et la gazéification. Dans le cas de la combustion et de la gazéification, on a formulé chacune des étapes à suivre en prenant en compte les normes de rendement décrites dans le tableau 3.2 parce que la conformité à celles-ci est ce qui, en bout de ligne, va assurer le succès total de la TCE au Canada. Les objectifs de mise en œuvre visés en ce qui concerne les principales installations ou les principaux programmes de démonstration sont indiqués dans les encadrés latéraux.

Épuration en amont du charbon

Le plus grand producteur de charbon thermique au Canada, la société Luscar Ltée, a déjà mis au point une stratégie à long terme pour traiter les questions techniques se rapportant à l'épuration en amont du charbon. La stratégie consiste à livrer du charbon écologique ou ultra-écologique aux exploitants d'installations de combustion ou de gazéification en éliminant les éléments délétères très tôt dans la chaîne des approvisionnements. On franchira les étapes suivantes dans les prochains trois à cinq ans :

- ❑ Entreprendre des discussions avec les principaux clients du charbon (les producteurs par alimentation au charbon de l'Ouest canadien) afin d'élaborer des spécifications concernant les matières d'alimentation qui permettront de réduire les coûts d'entretien et les répercussions environnementales des centrales électriques existantes.
- ❑ Mettre au point des procédés appropriés de valorisation du charbon (classiques et non classiques) afin de produire le charbon écologique de qualité souhaité par les consommateurs.
- ❑ Créer un modèle de partenariat bénéfique à tous afin de conjointement développer et mettre en œuvre des procédés de valorisation.



- ❑ Établir en Alberta et en Saskatchewan des usines de valorisation du charbon pour les producteurs actuels.
- ❑ Développer des techniques pour transporter de la bouillie de charbon à forte densité, que ce soit du subbitumineux ou de la lignite.
- ❑ Étudier la possibilité de commercialiser au Canada une usine de cogénération.
- ❑ Explorer et élaborer des méthodes d'exploitation minière afin d'améliorer aux maximum l'extraction des ressources.

Objectif visé pour la mise en œuvre de l'épuration en amont du charbon -
D'ici 2008 - mettre sur pied un centre de recherche sur le transport et la production de charbon ultra-écologique

Dans les cinq à dix prochaines années, les étapes en vue de développer une technologie permettant d'obtenir un taux de pureté de 99,8 p. 100 seront les suivantes :

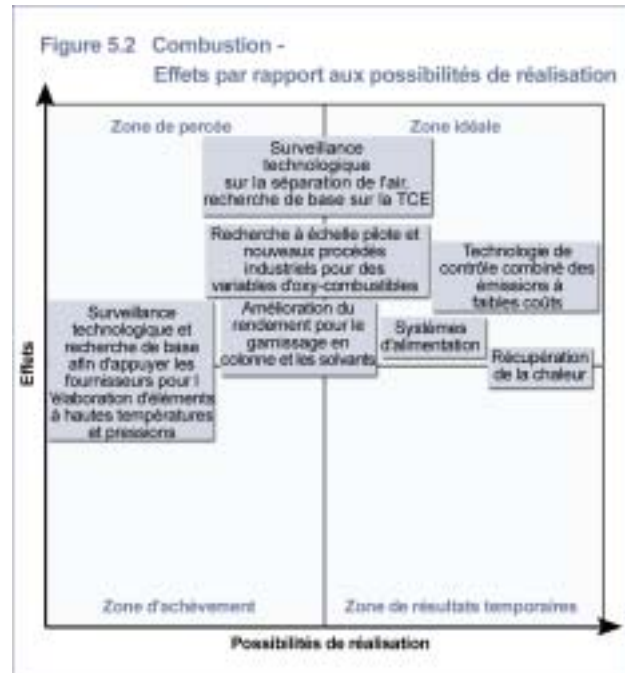
- ❑ Faire des recherches et déterminer quelles sont les techniques d'épuration en amont du charbon qui existent ailleurs.
- ❑ Développer, en laboratoire et dans des installations à échelle pilote, une technologie liée à l'épuration en amont du charbon.
- ❑ Élaborer des modèles économiques pour déterminer les effets du charbon ultra-écologique sur les techniques de combustion et de gazéification.

Stratégie relative à la combustion

Pour la R-D sur la combustion par alimentation d'air, les étapes sont les suivantes :

- ❑ Mettre au point des systèmes améliorés d'alimentation du charbon.
- ❑ Déterminer et optimiser le regroupement des systèmes pour profiter des possibilités de cogénération propres à chaque emplacement.

- ❑ Combiner et optimiser le recours à du charbon valorisé et du CO₂ capturé dans un cycle global.
- ❑ Mettre au point des techniques combinées de contrôle des émissions (y compris de CO₂) et de gestion des résidus.
- ❑ Mettre au point des solvants d'épuration à faibles coûts présentant une meilleure stabilité et une meilleure résistance à la corrosion et à la dégradation.
- ❑ Mettre au point des systèmes améliorés de contacteurs et de transfert de masse pour les solvants d'épuration du CO₂.
- ❑ Mettre au point des techniques cryogéniques et hybrides à faibles températures et à basses pressions pour la séparation du CO₂.
- ❑ Mettre au point des techniques à base de membranes ou de membranes et de solvants pour la capture du CO₂.
- ❑ Mettre au point des techniques améliorées à base de sorbants solides pour la capture du CO₂.



Pour la combustion des oxy-combustibles, les étapes sont les suivantes :

- ❑ Mettre au point des systèmes combinés permettant le recyclage de l'O₂/CO₂, de la production de l'O₂ pur et de la combustion des hydroxy-combustibles dans des cycles directs, combinés ou hybrides.
- ❑ Améliorer la compréhension de la combustion, du transfert de chaleur et de la formation de la pollution se rapportant au charbon classique ou au charbon valorisé dans le recyclage de l'O₂/CO₂, la production de l'O₂ pur et la combustion des hydroxy-combustibles.
- ❑ Améliorer la compréhension de l'optimisation pour ce qui est des flux de produits recyclés dans les systèmes de combustion, les systèmes de production de chaleur industrielle et les chaudières industrielles.
- ❑ Mettre au point de systèmes chimiques de combustion en boucle de l'oxygène.
- ❑ Concevoir et mettre au point des systèmes de combustion aptes aux températures élevées, des systèmes

- Objectifs visés pour la mise en œuvre du parcours de la combustion -

D'ici 2010 - construire une centrale rentable au charbon afin de faire la démonstration de la production d'électricité presque sans émissions et de la capture du CO₂ pour la récupération assistée du pétrole 55.

D'ici 2014 - combiner les installations de production électrique par alimentation au charbon à des réseaux d'énergie de quartier.

D'ici 2016 - faire la démonstration que le CO₂ recueilli dans les centrales au charbon peut servir à la production de méthane de houille renforcé.

D'ici 2017 - faire la démonstration de l'utilisation commerciale de piles à combustible à l'intérieur de centrales électriques alimentées au charbon

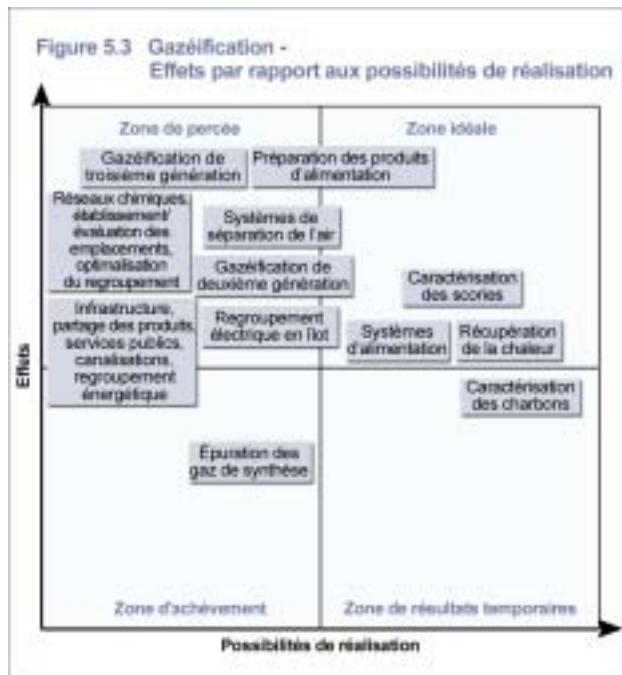
de production de chaleur industrielle, des chaudières industrielles, des compresseurs et des turbomachines pour le recyclage de l'O₂/CO₂, la production de l'O₂ pur et la combustion des hydroxy-combustibles.

- ❑ Mettre au point des cycles et des méthodes améliorés pour la compression, le refroidissement et la séparation du CO₂ en présence d'impuretés sous forme d'éléments-traces gazeux.

Stratégie concernant la gazéification et les réseaux chimiques

Les étapes relatives au parcours de la gazéification en cycle combiné et au parcours énergie/réseaux chimiques sont les suivantes :

- ❑ Élaborer des systèmes avancés de préparation des produits d'alimentation et d'alimentation.
- ❑ Améliorer la caractérisation des charbons et des scories.
- ❑ Effectuer des essais de séparation modulaire par gazéification, par carbonateur, par four de calcination et par hydrogène.
- ❑ Construire des installations à échelle pilote afin de pouvoir évaluer de façon économique les modèles perfectionnés de gazogènes de deuxième et de troisième génération.
- ❑ Élaborer des outils permettant l'optimisation et le regroupement des installations, en plus de prévoir les effets consécutifs à la valorisation du charbon, ainsi qu'à la mise au point de piles à combustible et de systèmes de capture du CO₂.
- ❑ Élaborer des systèmes améliorés de surveillance de la réaction des sorbants solides en vue de la séparation du CO₂, du reformage à la vapeur et du déplacement du gaz à l'eau.
- ❑ Déterminer et évaluer les possibilités de production multiple.
- ❑ Assurer la surveillance technologique et la recherche de base à l'intention des fournisseurs de technologie concernant les systèmes de cryogénie et les systèmes hybrides afin de permettre la séparation entre le CO₂ et l'hydrogène.
- ❑ Maintenir la surveillance technologique se rapportant aux procédés de séparation de l'air moins énergivores, comme les membranes



- Objectifs visés pour la mise en œuvre du parcours de la gazéification -

D'ici 2015 - construire une centrale à production multiple alimentée au charbon afin d'obtenir de l'hydrogène, de l'électricité et de la chaleur pour les activités de valorisation des sables bitumineux et du pétrole lourd.

D'ici 2016 - faire la démonstration que le CO₂ recueilli dans les centrales au charbon peut servir à la production de méthane de houille renforcé.

D'ici 2017 - faire la démonstration de l'utilisation commerciale de piles à combustible à l'intérieur de centrales électriques alimentées au charbon.

de transport d'oxygène ; combiner les résultats obtenus aux cycles perfectionnés à base de gazogènes.

- Mettre au point des systèmes combinés d'épuration des gaz chauds pour l'extraction de l'H₂S, du COS, de l'HCN, du NH₃, du CO₂, des particules fines et des composés alcalins.

Portée :

Les résultats obtenus dans les trois domaines technologiques visent les responsables fédéraux, provinciaux et municipaux de la réglementation au Canada, les membres des communautés de la R-D au sein de l'industrie et du monde universitaire, les entreprises de service public d'électricité par alimentation au charbon, ainsi que d'autres parties intéressées comme les fabricants de produits chimiques et les entreprises qui exploitent les sables bitumineux.

Aboutissements :

Une technologie de pointe sera l'aboutissement dans chacun des trois domaines technologiques de priorité. De plus, la communauté canadienne de la recherche va pouvoir accroître son savoir-faire et ses compétences expertes en R-D fondamentale et appliquée, permettant ainsi d'assurer un soutien technique local qui servira à améliorer le rendement global des activités commerciales.

Résultats souhaités :

Les résultats souhaités sont de renverser les contraintes technologiques et d'améliorer les perspectives de démonstrations commerciales se rapportant à la technologie, lesquels découleront du développement technologique et de l'établissement de compétences canadiennes dans les domaines visés.

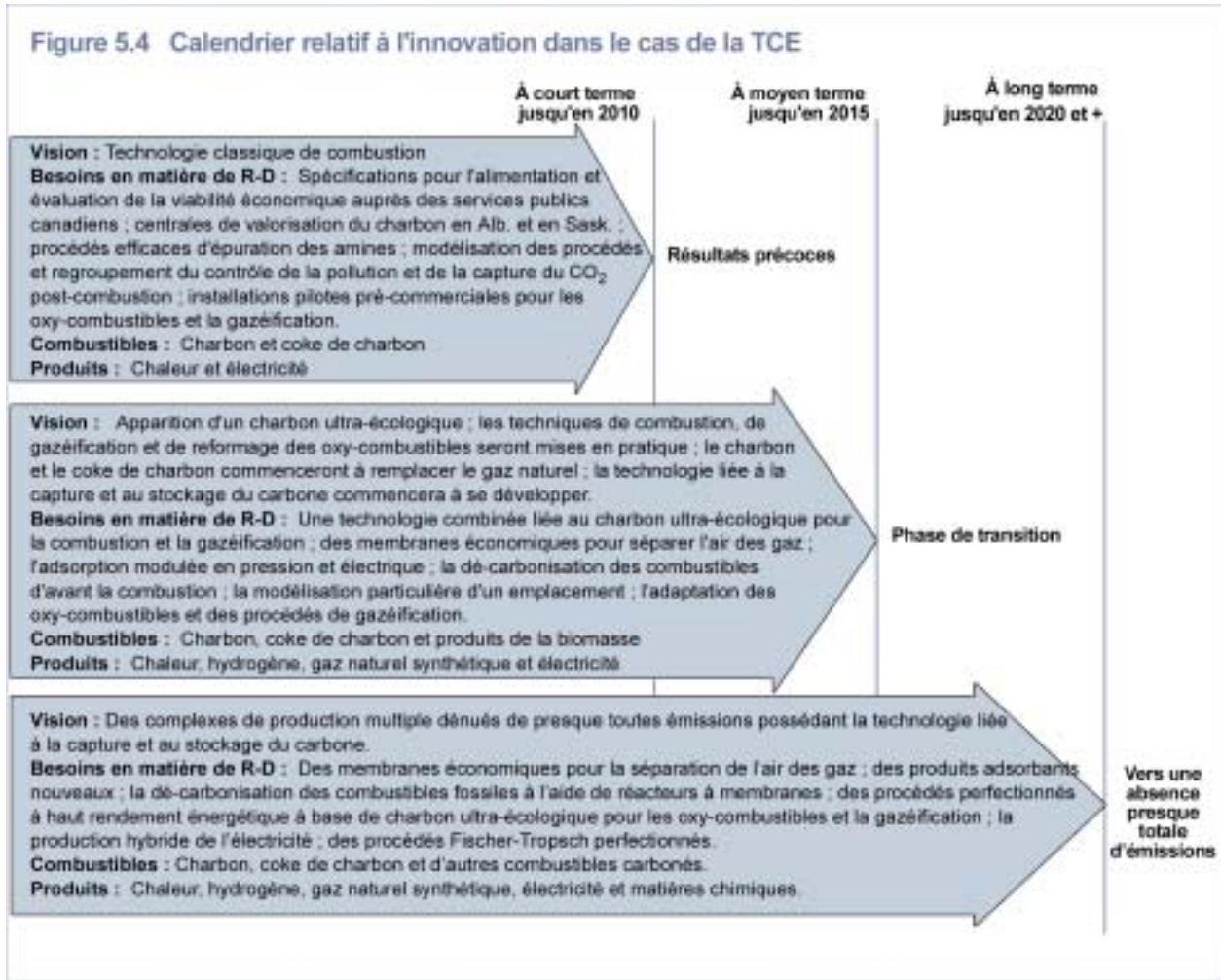
Les besoins en matière de R-D qui sont nécessaires pour atteindre les objectifs visés décrits dans les sous-sections précédentes font l'objet d'un résumé à l'intérieur de la figure 5.4 traitant du Calendrier relatif à l'innovation. On y trouvera également les sources probables de combustibles, ainsi que les produits secondaires découlant des diverses techniques reliées à la TCE au cours des temps.

Maître d'œuvre de la mise en application :

Certains programmes coordonnés en matière de R-D, comme le Programme de recherche et de développement énergétiques et l'Initiative de la Technologie et de l'Innovation liée aux changements climatiques, deux éléments de RNCAN, seront axés sur l'élimination des lacunes techniques critiques en vue d'atteindre, d'ici 2000, l'objectif de centrales commerciales pleinement concurrentielles en fonction. Le CTEC – Ottawa, l'Université de Regina (par l'intermédiaire de son Centre international d'essai), les Research Councils de l'Alberta et de la Saskatchewan, la société Luscar (grâce à son programme de valorisation du charbon), les services publics d'électricité et les universités du Canada vont tous jouer un rôle prépondérant en vue de développer ici au pays les capacités de R-D liées à la TCE.

Les programmes de l'innovation liée au charbon et au carbone écologiques, mis en œuvre au sein du Réseau canadien de l'innovation dans l'énergie (*EnergyINet*), sont des éléments essentiels à la coordination de certaines activités de recherche au sein des parties intéressées. *EnergyINet* est un outil en pleine évolution destiné à établir des liens de collaboration entre l'industrie, les gouvernements, les responsables de la recherche et les organismes à but non

lucratif. La vision qui s'y articule est de favoriser des approvisionnements abondants d'énergie respectant l'environnement afin de susciter la prospérité économique et le bien-être social pour les Canadiens.



4a et 4b Démonstrations technologiques préliminaires

Il faut pouvoir disposer d'une solide mise en œuvre par un consortium formé du gouvernement et de l'industrie afin d'établir une vision commune à l'échelle nationale et un modèle d'affaires servant à sélectionner des techniques de démonstration viables et des emplacements adéquats de développement, ainsi qu'à établir des arrangements pour la démonstration du financement des projets. Il faudra, d'ici 2006, une stratégie de réduction des risques afin de venir appuyer la mise au point de la première centrale de démonstration alimentée au charbon écologique. Cette stratégie agira également comme point de départ pour élaborer d'autres stratégies similaires destinées aux futurs emplacements de démonstration.

Activités :

- ❑ Concevoir des études de cas pour un ou des emplacements de démonstration.
- ❑ Sélectionner la chaîne technologique, l'équipement et les sous-éléments servant à la réalisation du projet de démonstration, en plus de déterminer l'emplacement adéquat pour ce genre de démonstration.
- ❑ Élaborer, en collaboration avec toutes les parties concernées, des stratégies de réduction des risques afin de gérer les risques technologiques, commerciaux ou autres déjà établis se rapportant à un projet de démonstration.

Portée :

Les éléments visés englobent les gouvernements fédéral et provinciaux et les responsables canadiens de la réglementation, les services publics d'électricité, les institutions financières, les fabricants d'équipements et les autres parties intéressées. Les organisations qui possèdent des intérêts financiers dans la réalisation de projets de démonstration liés au charbon écologique constituent les autres publics visés dans les cas des activités de démonstration précédant la mise en place technologique.

Aboutissements :

Les aboutissements souhaités prendraient la forme d'élaboration de stratégies, de plans et de modèles d'affaires pouvant servir de points de départ pour la prise de décisions, la planification et l'élaboration de projets de démonstration. Les renseignements, les données, les procédés et les procédures utilisés dans le cas du modèle d'affaires et de la stratégie sur les risques (se rapportant au premier projet de démonstration) pourraient servir de base d'informations pour la réalisation des projets subséquents.

Résultats souhaités :

Parmi les résultats souhaités, il y a l'établissement de politiques et de programmes au sein du gouvernement et de l'industrie permettant la mise en place d'une formule simplifiée et transparente relativement à l'application de stratégies de gestion des risques pour la réalisation des nouveaux projets de démonstration liés à la TCE. Ces stratégies engloberont la gestion de la construction et de l'exploitation de ce genre d'installations sans devoir exposer les parties concernées à des risques excessifs.

Maître d'œuvre de la mise en application :

Les programmes de l'innovation liée au charbon et au carbone écologiques, mis en œuvre au sein du Réseau canadien de l'innovation dans l'énergie (*EnergyNet*) sont des éléments clés pour l'élaboration du modèle d'affaires portant sur la première centrale de démonstration et pour l'établissement de liens de collaboration avec les autres parties intéressées en vue de concevoir une stratégie de réduction des risques.

5. *Démonstration technologique*

Les entreprises qui font partie de la Canadian Clean Power Coalition (CCPC) reconnaissent que le développement d'installations de production d'électricité n'entre pas dans le cadre habituel des responsabilités du gouvernement. Cependant, il existe actuellement des possibilités de faire progresser la technologie utilisée dans la prochaine série de centrales électriques qui vont au-delà de ce que les entreprises pourraient faire en situations normales de fonctionnement. Compte tenu de la longue durée de vie de ces installations qui exigent une grande quantité de capitaux (40 ans et plus), les décisions prises aujourd'hui ont des retombées à long terme. Les entreprises membres de la CCPC sont disposées à aller au-delà des normes actuelles relatives aux émissions pourvu que qu'un mécanisme de partage des risques pour ce faire puisse être convenu avec le gouvernement.

Il pourrait être possible, en particulier, de travailler à la conception d'une centrale de démonstration apte à la capture du CO₂ qui aiderait à réduire les émissions de gaz à effet de serre, une mesure destinée à appuyer les engagements pris par le Canada dans le cadre du Protocole de Kyoto. Construire une centrale de cette nature, toutefois, dévie des situations normales de fonctionnement et les entreprises concernées auraient besoin d'une contribution de la part du gouvernement pour contrebalancer les risques additionnels que cette opération comporte. La contribution envisagée

permettrait de financer le coût en capital supplémentaire entre une centrale actuelle conforme aux exigences et une centrale qui répond à des normes d'absence presque totale d'émissions. Une autre solution serait d'établir une subvention d'exploitation semblable aux encouragements offerts actuellement pour la production d'énergie éolienne.

Le Canada doit élaborer ses propres projets de démonstration et ne peut adopter une attitude attentiste. Les États-Unis réalisent un grand nombre de projets liés à la gazéification, mais aucun de ceux-ci ne fera progresser les techniques dans ce domaine qui seraient adaptées aux réserves canadiennes de lignite et de subbitumineux à faible valeur. Les travaux américains sont axés sur les combustibles à grande valeur et ne commenceront à s'attacher au charbon de faible valeur que bien après la période du Protocole de Kyoto. En outre, ces réalisations ne comprennent pas de plans en faveur de la capture et du stockage du carbone, ou encore de l'épuration des amines ou des oxy-combustibles – tous des éléments technologiques que le Canada devra rechercher. En se permettant d'attendre trop longtemps, toute addition aux capacités qui interviendra entre aujourd'hui et le moment où la TCE deviendra possible influera sur le profil canadien des émissions pour les décennies à venir. Par conséquent, une attitude attentiste ne peut convenir.

Activités :

- ❑ Sélectionner la série technologique et l'emplacement pour la première centrale de démonstration.
- ❑ Constituer un consortium des parties intéressées afin de prendre possession du projet.
- ❑ Effectuer une étude visant à définir le projet pour :
 - Élaborer une estimation adéquate des coûts en vue d'obtenir l'approbation des membres du consortium.
 - Élaborer la base des modalités commerciales, avec les parties liées aux capitaux et aux biens qui rédigeront des lettres d'intention avant l'exécution des travaux.
- ❑ Élaborer un ensemble de conception technique initiale (ECTI) qui englobera :
 - ❑ les documents commerciaux mis au point entre les membres du consortium ;
 - ❑ les ententes complétées concernant les acquisitions et la construction ;
 - ❑ les autorisations et les approbations finales ;
 - ❑ l'engagement des membres du consortium à l'égard de l'ECTI.

Portée :

Les publics visés sont les services publics d'électricité, les divers ordres de gouvernement, les responsables de l'élaboration des politiques, les membres de la communauté scientifique et le grand public. Les résultats obtenus profiteront éventuellement à l'ensemble des consommateurs industriels de combustibles fossiles grâce à la mise sur pied de réseaux énergétiques et chimiques entièrement nouveaux (production multiple).

Aboutissements :

Le résultat souhaité est une centrale de démonstration à échelle commerciale qui serait exploitée au Canada. De plus, des renseignements et des données utiles seraient générés et diffusés par l'entremise du Programme d'information publique et du Centre de renseignement.

Résultats souhaités :

Le résultat souhaité serait l'installation d'autres centrales au charbon écologique, le tout accompagné d'un minimum de risques commerciaux et technologiques. La R-D et les

investissements d'avant-démonstration se justifieraient par les résultats positifs obtenus à la suite de la mise en application fructueuse de la TCE sur le plan commercial.

Maître d'œuvre de la mise en application :

La Canadian Clean Power Coalition (CCPC) va faciliter l'élaboration du projet de démonstration puisque les membres de ce groupe possèdent déjà la capacité de gérer et de mettre en œuvre de grandes entreprises. D'ailleurs, la CCPC travaille actuellement à développer la première centrale canadienne de démonstration ne présentant presque aucune émissions, une installation qui devrait être mise en service d'ici 2012. Partie intégrante de cette réalisation, on a déjà produit un modèle d'affaires et conçu une vision pour une stratégie sous-jacente plus large.

Les membres de la CCPC examine également la question de l'harmonisation de la TCE appliquée commercialement aux stratégies plus globales du Canada en matière d'énergie et d'environnement. Afin d'éviter les dédoublements et de favoriser aux maximum la rentabilité, la CCPC s'appuie sur les plus récents développements technologiques et encourage, le cas échéant, la coopération et les investissements internationaux. En ce sens, ses membres suggèrent de retenir certaines des expériences vécues par le DOE américain avec son programme de démonstration (Energy Resources International, 2001). Ces faits sont relatés dans l'annexe D.

La voie qui s'offre pour la TCE

La tableau 5.2 contient un résumé des engagements déjà pris à l'égard des cinq objectifs SAGES. L'ACC, le CTEC – Ottawa, RNCAN, EnergyINet et la CCPC dirigent déjà les travaux exécutés actuellement et le processus pour rendre possible la première application commerciale au Canada de la TCE.

Objectifs SAGES	Engagements des parties intéressées
1. Information du public Mettre sur pied un Programme national d'information sur le charbon écologique et diffuser des renseignements publics à l'aide de sites Web, de publications et de forums de discussions.	L'ACC est le maître d'œuvre de la mise sur pied du Programme national d'information sur le charbon écologique et va diriger cette entreprise jusqu'en 2010.
2. Surveillance technologique et collaboration Mettre sur pied un Centre national de renseignement sur les découvertes technologiques internationales, avec des renseignements offerts sur Internet par abonnement.	Le CTEC – Ottawa s'occupe de mettre sur pied le Centre national de renseignement qui est déjà présent dans le site Web des CRTCE.
3. Programmes de R-D Les programmes canadiens de développement technologique sont en place pour combler les lacunes critiques, offrant ainsi un maximum d'effets sur les centrales de démonstration et les centrales commerciales.	Le Programme de recherche et de développement énergétiques est l'initiative de la Technologie et de l'innovation liée aux changements climatiques, deux éléments de RNCAN vont venir appuyer la R-D dans l'épuration, la combustion et la gazéification en amont du charbon, ainsi que la capture et le stockage du carbone. L'EnergyINet va coordonner les activités particulières de recherche pour les parties intéressées.
4. Développement commercial d'avant-démonstration a. Une vision nationale commune et un modèle d'affaires seront élaborés par un consortium gouvernement-industrie. Sélection d'un emplacement de démonstration et arrangements de financement.	L'EnergyINet va, en collaboration avec d'autres parties intéressées, s'occuper d'élaborer le modèle d'affaires pour la première centrale de démonstration.
b. Stratégie de réduction des risques en place d'ici 2006 afin d'appuyer la première centrale de démonstration. Programmes de développement en place afin d'élaborer des stratégies de réduction des risques pour répondre à d'autres besoins de démonstration.	L'EnergyINet va, en collaboration avec d'autres parties intéressées, s'occuper d'élaborer une stratégie de réduction des risques pour la première centrale de démonstration.
5. Démonstrations technologiques Conception et fonctionnement optimisés en combinaison de la première centrale de démonstration du charbon écologique et des centrales subséquentes. Stratégie initiale en place d'ici 2006, avec des mises à jour continues.	La CCPC va diriger le travail de conception de la première centrale canadienne de démonstration de la TCE.

Pour concrétiser la vision et atteindre les objectifs stratégiques décrits dans ces CRTCE, le parcours à franchir n'est pas différent de certaines entreprises précédentes au Canada. Le développement technologique et l'innovation font partie intégrante de la mentalité canadienne et

demeurent notre avantage concurrentiel. Le développement des sables bitumineux, l'une des plus grandes réalisations technologiques de l'histoire du Canada, a débuté par la vision de rendre économiquement viables ces vastes ressources. Ce secteur doit toujours faire face aujourd'hui à des difficultés. Toutefois, depuis les débuts du grand projet canadien des sables bitumineux en 1967, les promoteurs ont obtenu beaucoup de succès à surmonter leurs deux principales difficultés. Le coût de production d'un baril de brut synthétique est de 20 dollars, soit une baisse par rapport au coût de 40 dollars au début des années 1980 (ACR, 2004). De même, la quantité des émissions de gaz à effet de serre a été réduite de 27 p. 100 depuis 1990, passant d'un peu moins de 140 kg/baril à un peu plus de 100 kg/baril en 2003 (ACR, 2004). En construisant les premières installations d'exploitation des sables bitumineux, et en les utilisant pour apprendre en faisant, on est parvenu à profiter du potentiel réel de ces réserves. Sans la possibilité d'acquérir certaines connaissances et d'accroître le niveau d'innovation, l'exploitation des sables bitumineux n'aurait pas joui du succès actuel.

Le moment est arrivé d'investir dans la TCE puisque des possibilités évidentes s'offrent pour les prochains 25 ans. Tel que mentionné précédemment, 725 MW_e/année de capacités au charbon ont besoin d'être remplacés, en surplus du taux de croissance prévu des nouvelles capacités électriques. Les années réelles de possibilités sont indiquées à la figure 3.7. De 2009 à 2014, quelque 5 200 MW_e de production par alimentation au charbon devront être remplacés, tandis qu'un autre 2 400 MW sera nécessaire en 2017 et en 2018. Il faut cinq ans de planification pour construire une centrale au charbon, par conséquent la première grande possibilité qui s'offre pour la TCE se situe dans la fourchette de 2009 – 2014. On pourrait construire la première centrale de démonstration dans cette période, mais le temps presse.

Les relations entre les divers intervenants, la cueillette d'informations, la R-D et la mise en valeur technologique, ainsi que les applications commerciales, sont tous des ingrédients nécessaires à un secteur canadien du charbon écologique perfectionné et novateur. Des démonstrations fructueuses, de même que l'établissement subséquent d'éléments technologiques, de compétences expertes et de savoir-faire sont les récompenses à récolter dans les prochaines années. Néanmoins, chacun des objectifs SAGES doit pouvoir compter sur un maître d'œuvre habile possédant une claire vision de l'avenir. Les organisations liées à ces objectifs vont assumer leurs responsabilités, mais le secteur public et le secteur privé du Canada devront faire des investissements afin de concrétiser cette entreprise d'une importance stratégique pour le pays. Le gouvernement fait partie de la solution, cependant, il faudra encourager l'autosuffisance des centrales de démonstrations. La façon de faire la plus durable en ce sens est de placer les services publics et les fabricants d'équipement devant l'obligation d'atteindre des objectifs de rendement à long terme.

Les effets prévus de la stratégie liée à la TCE

Les effets prévus de la stratégie liée à la TCE partout au Canada sont décrits ci-après selon les régions. Parmi ceux-ci, il y a celui de maintenir la sécurité des approvisionnements en énergie en faisant d'une ressource intérieure abondante un élément crucial de la production énergétique. La commercialisation réussie de la TCE va permettre d'accroître la valeur des réserves canadiennes de charbon, tout comme celle d'autres ressources abondantes de moindre valeur comme le coke de charbon et les produits de la biomasse. Un autre effet obtenu sera que la consommation à l'avenir du charbon se fera sans compromettre la qualité de l'environnement canadien. Parmi les retombées à signaler, on retrouve l'utilisation du CO₂ en tant que produit secondaire de qualité, ainsi que la production concurrente de matières chimiques, de combustibles et de chaleur industrielle tout en générant de l'électricité presque sans émissions. Un secteur novateur et avancé du charbon écologique donnera la possibilité d'exploiter les débouchés extérieurs d'exportation. La

mise en application des éléments stratégiques des CRTCE permettra au charbon de devenir un élément de plus en plus important dans la production énergétique du Canada.

Provinces de l'Atlantique

- ❑ Un secteur houiller revitalisé au Cap-Breton.
- ❑ Une source de combustible de rechange au gaz naturel du plateau Scotian servant à produire de l'électricité.
- ❑ Une formule de mise en application graduelle de la TCE dans les provinces de l'Atlantique, avec la combustion de charbon pulvérisé supercritique aboutissant éventuellement au cycle combiné de gazéification.
- ❑ À une date subséquente, le CO₂ recueilli est utilisé pour la récupération du méthane de houille renforcé

Ontario

- ❑ L'Association of Major Power Consumers in Ontario (AMPCO)³³ a signalé que le recours à des centrales à cycles combinés du gaz naturel pour remplacer en Ontario les centrales au charbon coûterait 5,3 milliards de dollars par rapport à 3 milliards de dollars pour simplement réduire les émissions atmosphériques des centrales au charbon actuelles (AMPCO, 2004). Pour des centrales neuves à cycles combinés du gaz naturel, il faudrait compter un coût additionnel de 1,9 milliard de dollars par année. La TCE constitue donc une option économiquement concurrentielle pour les décideurs ontariens.
- ❑ Un parcours pour la production écologique de l'électricité en Ontario tout en maintenant des prix stables au chapitre des combustibles.

Saskatchewan

- ❑ Un cadre logique pour remplacer les centrales actuelles alimentées par de la lignite et ajouter de nouvelles capacités à base de combustibles à faible coût de la Saskatchewan.
- ❑ L'adaptation de la TCE, mise au point dans un autre endroit, à des sources de combustibles de moindre valeur en Saskatchewan, que l'on ait recours à la technologie liée à la combustion ou à la gazéification.
- ❑ Une occasion de construire au Canada les premières centrales à haute technologie alimentées au charbon écologique supercritique.
- ❑ La possibilité de démonter la valeur ajoutée liée à l'utilisation de l'épuration des amines en vue de capturer le carbone servant à la récupération assistée du pétrole et à la fabrication d'engrais.

Alberta

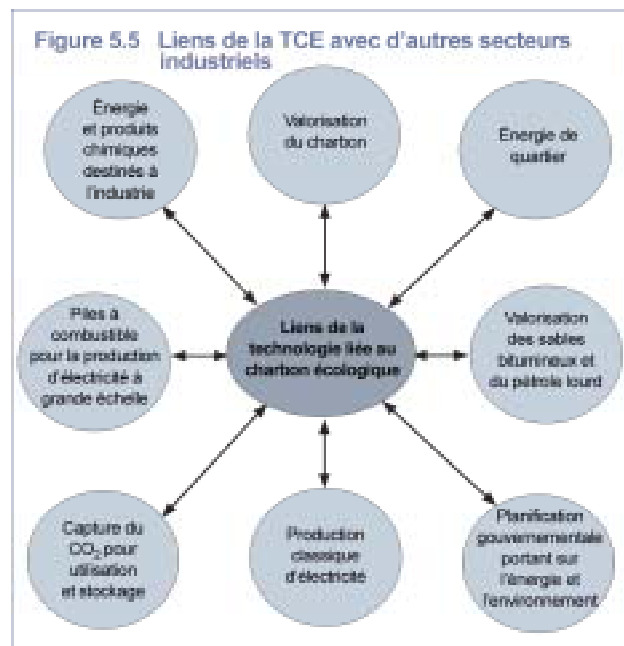
- ❑ Un cadre permettant d'éliminer la dépendance de l'Alberta envers le gaz naturel pour produire des combustibles et de l'hydrogène dans l'exploitation des sables bitumineux et d'autres applications industrielles.

³³ L'AMPCO est une association de consommateurs ontariens d'électricité qui assure la promotion de l'industrie de la province au sein d'un marché de l'électricité efficace et compétitif et un réseau de transport et de distribution fiable et économique.

- ❑ L'adaptation de la TCE, mise au point dans un autre endroit, aux charbons subbitumineux en Alberta, que l'on ait recours à la technologie liée à la combustion ou à la gazéification.
- ❑ Une occasion de démontrer la valeur ajoutée liée à l'utilisation du charbon ultra-écologique dans les centrales électriques.
- ❑ La possibilité de construire une centrale à cycle combiné de gazéification offrant des capacités de production multiple permettant de fournir des matières premières de valeur au secteur des produits chimiques, ainsi que du CO₂ pour la récupération du méthane de houille renforcé, la récupération assistée du pétrole et la récupération assistée du gaz naturel

D'autres possibilités qui s'offrent à la TCE

Les secteurs manufacturiers du Canada pourraient réagir aux présentes CRTCE en développant une technologie qui aboutirait à des applications commerciales, tant ici au pays qu'à l'étranger. Parmi les avantages qu'il y a à fabriquer au Canada, soulignons le fait de répondre aux besoins et aux normes technologiques d'ici, de créer immédiatement de l'emploi dans le secteur manufacturier, ainsi que de meilleurs rendements et une fiabilité accrue – étant donné que les produits sont conçus en fonction des conditions particulières à chaque emplacement et utilisés à échelle locale. Les fabricants d'éléments technologiques pourraient prendre part à l'exploitation des installations et partager les responsabilités en ce qui concerne l'atteinte des objectifs de base en matière de rendement.



L'utilisation du charbon d'une manière traditionnelle a assuré la source d'énergie primaire pour la production de l'électricité et constitué l'apport de base pour la fabrication de l'acier. L'arrivée de la TCE, toutefois, va permettre d'élargir ces fonctions courantes pour servir à une vaste gamme d'applications commerciales (se référer à la figure 5.5). Outre les effets sur la fabrication, voici certaines des retombées prévues de la TCE dans les prochaines vingt années :

- ❑ Des centrales électriques à charbon ultra-supercritique pulvérisé à grande efficacité (de 42 à 48 p. 100), certaines permettant la capture et le stockage du carbone ; une augmentation de 37 p. 100 de l'efficacité avec l'incorporation à des réseaux d'énergie de quartier, contribuant ainsi à l'utilisation de la chaleur résiduelle à basse température.
- ❑ Des installations de gazéification du charbon à grande efficacité qui sont aptes à la capture du CO₂ et à la production d'électricité, de vapeur et d'hydrogène pour l'exploitation des sables bitumineux et du pétrole lourd.
- ❑ Des installations de gazéification du charbon qui produisent des gaz synthétiques en tant que matières chimiques ou sources de combustibles pour un ensemble d'autres secteurs.
- ❑ Des installations de gazéification du charbon qui fournissent le combustible destiné aux piles à combustible avec une efficacité de 65 p. 100 dans la transformation du combustible en électricité.

- ❑ Des installations de valorisation du charbon qui permettent d'extraire les cendres, les métaux-traces, l'eau et les produits contaminants, abaissant ainsi les coûts de transport et améliorant le bilan environnemental des clients en aval.
- ❑ Des canalisations permettant de transporter le CO₂ recueilli dans les chaudières et les gazogènes alimentés au charbon, CO₂ pouvant servir à la récupération du méthane de houille renforcé, la récupération assistée du pétrole et la récupération assistée du gaz naturel.

Les maîtres d'œuvre des cinq éléments composant les présentes CRTCE vont sans cesse s'efforcer de tisser des liens avec les autres secteurs industriels. Une des façons envisagées pour y arriver est de poursuivre la collaboration avec les autres organismes engagés dans la mise en œuvre d'activités connexes et pertinentes d'établissement de cartes routières technologiques, notamment celles se rapportant aux piles à combustible et à l'économie basée sur l'hydrogène, à la valorisation des sables bitumineux et du pétrole lourd, et à la capture et au stockage du CO₂. Il serait sans doute plus pratique d'organiser un colloque sur ce genre de collaboration dans le cadre de l'EnergyINet.

Le développement de la TCE est un moyen de maintenir la valeur des vastes ressources du Canada en charbon à un niveau élevé. Faire face aux enjeux environnementaux et réglementaires qui confrontent le charbon permettra de lui faire une place dans les futures sources d'énergies de remplacement. L'élaboration d'un plan stratégique, avec une formule canadienne axée sur la technologie et l'innovation, aidera à atteindre nos objectifs nationaux et ceux des autres pays du monde.

Enfin, l'aboutissement des CRTCE est un vibrant appel à prendre des mesures dès maintenant afin que les intervenants de l'industrie puissent établir les capacités nécessaires à un avenir énergétique économiquement concurrentiel et environnementalement adéquat pour tous les Canadiens.

Résumé de la section

Pour concrétiser la vision énoncée précédemment dans cette section, le Groupe consultatif des CRTCE a procédé à une analyse des lacunes critiques qui a abouti à l'établissement de six facteurs clés freinant l'application commerciale réussie de la TCE au Canada. En se basant sur ces lacunes, le Groupe a élaboré cinq objectifs SAGES qui sont les suivants :

- ❑ Assurer la sensibilisation du public en élaborant un Programme national d'information sur le charbon écologique accessible à tous.
- ❑ Acquérir des informations sur la TCE à l'intention d'un réseau de parties intéressées par la création d'un Centre national de renseignement.
- ❑ Développer des programmes de R-D et de technologie qui sont axés sur la démonstration technologique dans des applications commerciales.
- ❑ Établir une vision nationale commune, un modèle d'affaires et une stratégie de réduction des risques en vue de mettre en œuvre la première centrale canadienne de démonstration de la TCE.
- ❑ Amorcer au Canada la conception et le fonctionnement optimisés et combinés de la première centrale de démonstration et des centrales subséquentes.

Grâce à un consortium industrie-gouvernement, constitué de l'ACC, du CTEC – Ottawa, de RNCan, d'EnergyINet et de la CCPC, les parties intéressées vont assumer la direction de l'entreprise consistant à faire face aux enjeux stratégiques qui confrontent le charbon, cela en s'efforçant d'atteindre les objectifs SAGES.

Les retombées du développement de la TCE se feront sentir partout au pays et dans divers secteurs industriels, cela en rehaussant la valeur actuelle des vastes ressources canadiennes de charbon et en garantissant le rôle prépondérant de celui-ci dans la future production énergétique du Canada. Le temps est venu de procéder à des investissements stratégiques et de franchir les étapes nécessaires au remplacement des capacités thermiques vieillissantes du Canada par la mise en place de la TCE, ce qui permettra d'assurer un avenir énergétique abordable et écologique aux futures générations.

Les Canadiens ont la possibilité de faire la démonstration d'une TCE en pleine évolution et d'obtenir un avantage marqué sur les marchés grâce à une expérience précoce et une commercialisation rapide. Avoir fait la preuve de la capacité du Canada à faire progresser la technologie jusqu'à la commercialisation va favoriser l'établissement de partenariats au sein des groupes de recherche, tout en faisant du pays une assise recherchée pour accélérer le développement et les démonstrations. La capacité de présenter des résultats concrets, tant au Canada que dans les autres pays du monde, constitue la récompense des investissements stratégiques qui sont faits aujourd'hui.

Annexe A

Tableau A.1 Liste des participants aux CRTCE			
Noms	Organization	Noms	Organization
Abu-Shaqra, Baha	Albarrie Canada Limited	Gupta, Murlidhar	CTEC – Ottawa, RNCAN
Allard, René-Pierre	CTEC – Ottawa, RNCAN	Hayes, Jason	L'Association charbonnière du Canada
Amamath, Amar	Luscar Ltd.	Hearn, Bill	Neill and Gunter Limited
Anthony, Ben	CTEC – Ottawa, RNCAN	Hicke, Kel	Ministère des Eaux, des Terres et de l'Air de la C.-B.
Aronowilas, Adisorn	Université de Regina	Holt, Neville	EPRi
Avison, Norm	Premium Pellet Ltd.	Hughes, Dave	Commission géologique du Canada
Bachu, Stefan	Alberta Energy and Utilities Board	Isaacs, Eddy	AERI
Bail, Max	SaskPower	Johnson, Alan	ZECA Corporation
Barrie, John	Fluor Canada Ltd.	Jung, Tony	ATCO (Alberta Power Ltd.)
Barton, Carolyn	Resources, Coal Industry, AUS.	Kennedy, Bill	Albarrie Canada Limited
Bateson, Dwayne	TransAlta Corporation	Kjaer, Sven	Tech-wise A/S
Bauwens, Luc	Université de Calgary	Kostler, Joe	ATCO Power
Boyd, Malcolm	ATCO Power	Krusche, Jack	Morrow Engineering
Buřut, Dubravka	BRDE, RNCAN	Kuhn, Robyn	Environnement Alberta
Burke, Michael	CTEC – Ottawa, RNCAN	Lakeman, Brent	Alberta Research Council
Caldwell, Richard	ATCO Gas	Leslie, John	SNC-Lavalin Inc.
Campbell, Doug	Nova Scotia Power Inc.	Lew, Richard	Teck Cominco Research
Campbell, Frank	CTEC – Ottawa, RNCAN	Lonsberry, Duane	Albarrie Canada Limited
Carlson, Sid	Université de l'Alberta	Lord, Elisabeth	Levelton Engineering Ltd.
Castillo, Francisco	Alberta Research Council	Lozeth, Howard	SK Industry & Resources
Chambers, Allan	Alberta Research Council	Luhning, Richard	Enbridge Inc.
Chwetelu, Chris	Douanes et Revenu Canada	Macdonald, Derek	Alstom Canada
Choi, Gerald N.	Nexant Inc.	Macdonald, Don	Environnement Alberta
Chow, Dann	Alberta Research Council	Macdonald, Doug	SNC-Lavalin Inc.
Church, Ken	CTEC – Ottawa, RNCAN	MacRae, Morgan	ICRE
Clark, Paul	TransAlta Utilities Corp.	Mahinpey, Nader	Université de Regina
Clements, Bruce	CTEC – Ottawa, RNCAN	Marrone, John	CTEC – Ottawa, RNCAN
Cousens, Des	Nova Scotia Power	McCann, Tom	T.J. McCann & Associates Ltd.
Daming, Liang	Beijing Research Institute of Coal	McDonald, Malcolm	TransAlta Corp.
deFayer, Paul	Alberta Energy	McKenny, Colin	Elk Valley Coal Corporation
Dell, Leah	CTEC – Ottawa, RNCAN	McLaughlin, Roger	Ministère de l'Énergie et des Mines de la C.-B.
Denman, Keith	Environnement Alberta	Mehta, Raj	Université de Calgary
Dinning, Jim	TransAlta Utilities Corp.	Mercier, Gilles	BRDE, RNCAN
Douglas, Peter	Université de Waterloo	Mertikas, Bill	RNCAN
Doyle, Jim	Ministère de l'Énergie de l'Alberta	Mikalsen, Daryl	TransAlta
du Bruyn, Theo	NRCAN, CETC-Devon	Mitchell, Bob	Inspired Value Inc.
du Plessis, Duke	Alberta Energy Research Institute	Mitchell, Garner	SaskPower
Dunbar, Bob	ICRE	Mohamad, Majeed	Université de Calgary
Fallinson, John	Alberta Research Council	Moore, Robert	Université de Calgary
Finzel, Christeen	Environnement Alberta	Mourits, Frank	BRDE, RNCAN
Flaman, Leo	Bantrel Co.	Napior, Chris	Eco Power Solutions
Flemming, Allan	Luscar Ltd.	Nguyen, Yen	Kinectrics
Flint, Len	Lenef Consulting	Ojanpera, Ron	Babcock & Wilcox Canada
Fraser, Bob	CTEC – Ottawa, RNCAN	Patrick, Rick	SaskPower
Gatens, Michael	MGV Energy Inc.	Pearson, Bill	CTEC – Ottawa, RNCAN
Gunter, Bill	Alberta Research Council	Podgurny, Dave	Air Liquide Canada Inc.

Tableau A.1 Liste des participants aux CRTCE (Suite)			
Name	Organization	Name	Organization
Potter, Ian	Alberta Research Council	Singh, Surindar	AERI
Preston, Carolyn	CTEC – Devon, RNCan	Sit, Song P.	EnCana Corporation
Pugsley, Todd	Université de la Saskatchewan	Spinner, Ken	Spinegy Services Inc.
Ranganathan, Range	SK Research Council	Stobbs, Bob	SaskPower
Redden, Dwight	ATCO Power	Sundermann, Rudy	EnCana Corporation
Rhodes, Alan	Jacobs Canada Inc.	Tan, Z Chao	Université de Calgary
Richards, Bill	Nova Scotia Power	Taylor, Alison	Suncor Energy
Richter, Tim	TransAlta Corp.	Thambimuthu, Kelly	CTEC – Ottawa, RNCan
Rigg, Andy	CO ₂ CRC Program, Australie	Tibble, Dave	ATCO Power
Rivers, Keith B.	Babcock & Wilcox Canada	Topper, John	Clean Coal Centre de TAIE
Rose, Don	Environnement Canada	Twa, Bob	EPCOR Power Dev. Corp.
Rothschild, Dave	Alstom Power Inc.	Van Ham, John	Van Ham Resources Inc.
Rubin, Ed	Université Carnegie Mellon	van Nierop, Pieter	Alberta Research Council
Runstedler, Allan	CTEC – Ottawa, RNCan	Vilavicencio, Hector	EnCana Corporation
Ruth, Larry	NETL, U.S. Department of Energy	Wenhua, Li	Beijing Research Institute of Coal
Sahay, Hari	Alberta Energy	Williams, Robert	Université Princeton
Savoy, Mark	Nova Scotia Power	Wong, Joseph	CTEC – Ottawa, RNCan
Seckington, Blair	Ontario Power Generation	Wong, Sam	Alberta Research Council
Selfried, Anke	Environnement Alberta	Wright, Allen	L'Association charbonnière du Canada
Simandl, George J	Ministère de l'Énergie et des Mines de la C.-B.	Yuhua, Liu	Beijing Research Institute of Coal
Simonson, Bryan	Alstom Power Inc.	Zhou, John	Alberta Research Council

Annexe B

Le tableau suivant donne les détails concernant les centrales électriques au charbon que l'on devrait remplacer ou moderniser d'ici 2034. Ces centrales, numérotées de 1 à 61, représentent les points centraux de la figure 3.7 à la section 3.

Tableau B1 Centrales électriques du Canada alimentées au charbon											
N° de la centrale	Nom de la centrale	Province	Dimensions des installations (MWe)	N° de la centrale	Nom de la centrale	Province	Dimensions des installations (MWe)	N° de la centrale	Nom de la centrale	Province	Dimensions des installations (MWe)
1	Wabamun 2*	Alberta	64	21	Lambton 4	Ontario	494	41	Lingan 1	Nouvelle-Écosse	155
2	Wabamun 1*	Alberta	64	22	Boundary Dam 3	Sask.	150	42	Sundance 6	Alberta	366
3	Boundary Dam 1	Sask.	66	23	H.R. Milner	Alberta	150	43	Lingan 2	Nouvelle-Écosse	155
4	Selkirk 1	Manitoba	66	24	Sundance 2	Alberta	280	44	Battle River 5	Alberta	375
5	Selkirk 2	Manitoba	66	25	Boundary Dam 4	Sask.	150	45	Poplar River 2	Sask.	300
6	Wabamun 3	Alberta	140	26	Nanticoke 1	Ontario	490	46	Thunder Bay 2	Ontario	155
7	Boundary Dam 2	Sask.	66	27	Nanticoke 2	Ontario	490	47	Thunder Bay 3	Ontario	155
8	Lakeview 1	Ontario	285	28	Nanticoke 3	Ontario	490	48	Kepphills 1	Alberta	403
9	Lakeview 2	Ontario	285	29	Point Tupper 2	Nouvelle-Écosse	150	49	Poplar River 1	Sask.	300
10	Grand Lake	Nouveau-Brunswick	57	30	Nanticoke 4	Ontario	490	50	Lingan 3	Nouvelle-Écosse	155
11	Lakeview 5	Ontario	285	31	Battle River 4	Alberta	150	51	Kepphills 2	Alberta	403
12	Wabamun 4	Alberta	280	32	Boundary Dam 5	Sask.	150	52	Lingan 4	Nouvelle-Écosse	155
13	Battle River 3	Alberta	150	33	Nanticoke 5	Ontario	490	53	Atikokan	Ontario	215
14	Lakeview 6	Ontario	285	34	Sundance 3	Alberta	355	54	Sheerness 1	Alberta	398
15	Lambton 2	Ontario	494	35	Sundance 4	Alberta	355	55	Genesee 1	Alberta	410
16	Trenton 5	Nouvelle-Écosse	150	36	Boundary Dam 6	Sask.	292	56	Sheerness 2	Alberta	398
17	Sundance 1	Alberta	280	37	Nanticoke 6	Ontario	490	57	Trenton 6	Nouvelle-Écosse	155
18	Brandon	Manitoba	105	38	Sundance 5	Alberta	355	58	Shand	Sask.	300
19	Lambton 1	Ontario	494	39	Nanticoke 7	Ontario	490	59	Belledune	Nouveau-Brunswick	460
20	Lambton 3	Ontario	494	40	Nanticoke 8	Ontario	490	60	Genesee 2	Alberta	410
								61	Point Aconi	Nouvelle-Écosse	165

Annexe C

Analyse des lacunes critiques et objectifs SAGES

Au cours des deux premiers ateliers sur la TCE, lesquels englobaient plusieurs des intervenants énumérés à l'annexe A, on a mis sur pied des sous-groupes interactifs pour examiner les quatre domaines technologiques (ceux de l'épuration du charbon en amont, de la combustion, de la gazéification et des réseaux chimiques et énergétiques) et déterminer les lacunes critiques caractérisant chacun d'entre eux. Les deux derniers sous-groupes ont fini par être réunis subséquemment sous l'en-tête de gazéification.

En se basant sur les commentaires formulés au cours de ces ateliers, le Groupe consultatif des CRTCE a compilé des données critiques qui ont aidé à formuler une stratégie canadienne de développement et de mise en valeur de la TCE. Le Groupe consultatif a procédé à deux analyses des objectifs SAGES⁴⁴ en élaborant la stratégie. La première analyse a abouti aux cinq objectifs SAGES qui sont illustrés dans le tableau 5.1. Au cours de la deuxième analyse, le Groupe consultatif a approfondi les questions à l'étude et a élaboré des objectifs SAGES plus précis dans le cadre du volet portant sur les programmes de R-D (l'objectif SAGES 3 à l'intérieur de la figure 5.1). Ainsi, au cours de cette activité, le Groupe consultatif a :

- ❑ défini l'état actuel des affaires de la TCE au Canada ;
- ❑ formulé une vision pour la TCE au Canada de 2020 à 2025 ;
- ❑ établi la situation future souhaitée qui engloberait cette vision ;
- ❑ déterminé les lacunes technologiques particulières entre la situation actuelle et la situation future souhaitée ;
- ❑ élaboré des objectifs SAGES pour combler chacune de ces lacunes technologiques.

Les résultats obtenus à la suite de la deuxième analyse sont donnés dans la première des quatre colonnes des tableaux C.1, C.2 et C.3. En se basant sur les activités de R-D réalisées au sein de la communauté internationale, ainsi que sur les activités ininterrompues et les installations existantes au Canada, les membres du Groupe consultatif ont classé par ordre d'importance les objectifs SAGES, c'est-à-dire selon leurs effets relatifs et leurs possibilités de réalisation (se référer aux colonnes cinq et six des tableaux C.1, C.2 et C.3). Les figures 5.1, 5.2 et 5.3 contenues dans le texte principal des CRTCE illustrent le classement relatif de ces objectifs SAGES au moyen de diagrammes sur les effets par rapport aux possibilités de réalisation. Les techniques indiquées dans le quadrant du bas à droite devraient être les plus aisées à développer, mais elles n'ont que peu d'effets sur la mise en valeur de la TCE. Les techniques indiquées dans le quadrant du haut à gauche ont le plus d'effets, mais elles sont risquées à développer. Les zones idéales contiennent les techniques qui ont le plus d'effets et le plus de probabilités de succès.

⁴ Un objectif SAGES signifie : Spécifiques, Appréciables, que l'on peut Générer, Empreints de réalisme, Situés dans une période appropriée.

Tableau C.1 Épuration du charbon en amont : Objectifs SAGES relatifs aux effets et aux possibilités de réalisation					
Objectifs	Situation future souhaitée (vision)	Lacunes critiques	Objectifs SAGES	Possibilités de réalisation	Effets
Caractérisation du charbon	Évaluation de l'effet de la qualité des charbons sur la combustion et la gazéification	Absence de spécifications sur la qualité des charbons exigées par les utilisateurs.	Contrôler et comprendre le rendement des chaudières et des gazogènes en améliorant la qualité des charbons.	Élevé	Élevé
		Réactivité à la gazéification et à la combustion des charbons de faible valeur. Morcellement en éléments-traces. Spécifications souhaitées pour la formation de cendres, la scorification et l'encrassement.	Développer des installations pilotes et d'essai pour évaluer le rendement des charbons canadiens de faible valeur. Élaborer des modèles adéquats pour simuler les résultats commerciaux.		
Valorisation du charbon	Technologie à base d'extraction des solvants et d'élimination des cendres pour améliorer la qualité des charbons.	Besoin de capacités canadiennes.	Développer des installations à échelle pilote pour la valorisation du charbon au Canada.	Moyen	Élevé
	Techniques économiques pour faire des briquettes et des boulettes, ainsi que des agglomérants économiques, particulièrement pour le charbon fin. Préparation des boues optimisée pour les systèmes d'alimentation.	Besoin de capacités de recherche sur la préparation des produits d'alimentation.	Création d'un centre d'excellence sur la préparation des produits d'alimentation au charbon.	Moyen	Élevé
Transport du charbon	Transport du charbon au travers des canalisations de boues.	Absence d'études sur l'optimisation des systèmes de transport des boues.	Développer des installations pilotes et d'essai pour la réalisation au Canada de projets de transport des boues.	Faible	Élevé

Tableau C.2 Combustion : Objectifs SAGES relatifs aux effets et aux possibilités de réalisation					
Objectifs	Situation future souhaitée (vision)	Lacunes critiques	Objectifs SAGES	Possibilités de réalisation	Effets
Caractérisation du charbon	Caractérisation des charbons canadiens et importés pour les cycles supercritiques dans la combustion de l'air et des oxy-combustibles, ainsi que pour les cycles chimiques en boucle.	Réactivité des charbons. Morcellement en éléments-traces. Rendement ou spécifications souhaités des cendres et des scories pour la combustion.	En ayant recours à la recherche à échelle pilote, caractériser les charbons intéressants pour le Canada et élaborer des modèles adéquats pour simuler les résultats commerciaux.	Élevé	Élevé
	Modèles de prévision du rendement des charbons dans les cycles précédents.				
Préparation des matières premières	De nouvelles façons améliorées pour éliminer l'humidité et les cendres afin d'accroître la densité énergétique. Technologie à base d'extraction des solvants et d'élimination des cendres pour améliorer la qualité des charbons.	Le Canada n'a pas de capacités de valorisation de la recherche sur les charbons.	Création d'un centre d'excellence sur la valorisation du charbon.	Moyen	Élevé
	Techniques économiques pour faire des briquettes et des boulettes, ainsi que des agglomérants économiques, particulièrement pour le charbon fin. Préparation des boues optimisée pour les systèmes d'alimentation.	Le Canada n'a pas de capacités de recherche sur la préparation des produits d'alimentation.	Création d'un centre d'excellence sur la préparation des produits d'alimentation.	Moyen	Élevé
	Caractérisation des charbons et des mélanges de combustibles solides, p. ex., le coke de pétrole, les déchets urbains solides, les produits de la biomasse et les boues d'eaux usées.	Absence d'informations sur le rendement des mélanges de combustibles dans les modèles actuels et nouveaux de chaudières.	Effectuer des essais à échelle pilote et élaborer une base de données sur le rendement des mélanges de combustibles.	Élevé	Élevé
Systèmes d'alimentation	Systèmes flexibles d'alimentation pour traiter les variations dans les combustibles.	Mise au point de matériaux pour les systèmes d'alimentation de boues sèches et humides. Mise au point de systèmes pour la co-alimentation de mélanges de combustibles de remplacement.	Assurer la recherche de base pour appuyer les fournisseurs commerciaux et les utilisateurs intéressés.	Moyen	Moyen
Séparation de l'air	Membranes économiques de séparation de l'oxygène.	Il n'y a de MTO sur le marché.	Surveillance technologique et recherche de base pour appuyer les fournisseurs.	Moyen	Élevé
	ASA de température intermédiaire mettant en jeu des procédés d'AMP/ d'AMV.	Cette technologie n'est pas sur le marché.		Faible	Élevé
Chaudières	Démonstration de FDE pour les nouveaux cycles de procédés relatifs aux chaudières.	FDE inconnus à échelle des services publics.	Faire la démonstration de nouveaux procédés technologiques relatifs aux chaudières à échelle des services publics d'électricité.	Moyen	Moyen

Tableau C.2 Combustion : Objectifs SAGES relatifs aux effets et aux possibilités de réalisation (Suite)					
Objectifs	Situation future souhaitée (vision)	Lacunes critiques	Objectifs SAGES	Possibilités de réalisation	Effets
Développement des matériaux	Développement des matériaux et évaluation de la fiabilité des chaudières perfectionnées à cycle de vapeur ultra-supercritique, de tubes à vapeur, des collecteurs et des clapets à vapeur.	Absence d'alliages éprouvés pour les éléments à haute température et pression.	Surveillance technologique et recherche de base pour appuyer les fournisseurs.	Élevé	Élevé
	Chaudières perfectionnées fondées sur la combustion des oxy-combustibles et sur le recyclage de CO_2/CO_2 .	Absence d'optimisation du cycle et des éléments globaux, nécessité de développer d'autres matériaux et éléments.	Recherche de base pour appuyer les fournisseurs en collaboration avec les utilisateurs de la technologie.	Moyen	Élevé
	Brûleurs d'oxy-combustibles offerts sur le marché.	Pas de brûleurs d'oxy-combustibles offerts sur le marché.	Mettre au point des brûleurs d'oxy-combustibles, notamment des appareils de combustion à scoriification.	Moyen	Élevé
	Chaudières et réacteurs perfectionnés pour la combustion en boucle de matières chimiques.	Technologie au stade de la recherche pilote.	Établir la viabilité commerciale par la recherche pilote.	Moyen	Élevé
Techniques de réduction de la pollution	Techniques combinées à faibles coûts pour le contrôle des émissions.	Absence de techniques à faibles coûts pour le contrôle des émissions conformes aux futures exigences en matière de réglementation.	Mettre au point des techniques combinées à faibles coûts pour le contrôle des émissions en collaboration avec les fournisseurs et les utilisateurs de technologie.	Élevé	Élevé
	Techniques d'épuration des gaz chauds.	Pas de matériaux, ni de techniques offerts sur le marché.	Surveillance technique et recherche de base afin d'appuyer les intérêts des fournisseurs.	Moyen	Moyen
Appareils de combustion à scoriification	Appareils et chaudières de combustion à scoriification pour oxy-combustibles, ainsi que procédés de réduction de la pollution, offerts sur le marché.	Pas de brûleurs et de chaudières offerts sur le marché. Procédés de réduction de la pollution non optimisés.	Évaluer l'efficacité de recourir à des appareils de combustion à scoriification pour réduire les coûts généraux des chaudières et du contrôle de la pollution, en plus d'optimiser la conception du procédé, le tout en collaboration avec les fournisseurs et les utilisateurs de la technologie.	Moyen	Élevé
Transferts thermiques	Matériaux et configurations pour les transferts thermiques à haute température.	Technologie au stade du développement.	Mettre au point des matériaux et des configurations pour les transferts thermiques efficaces à haute température, le tout en collaboration avec les fournisseurs et les utilisateurs de la technologie.	Moyen	Élevé
Turbines à la vapeur	Matériaux pour atténuer la corrosion des palets de turbines.	Nécessité de matériaux perfectionnés.	Surveillance technique des développements de programmes dans l'UE et au Japon.	Moyen	Élevé
Capture sur place et post-combustion	Solvants perfectionnés avec capacités élevées de CO_2 , pertes réduites de solvants et pénalités énergétiques réduites.	Coûts en capital et de fonctionnement élevés.	Améliorer l'emballage en tour et le rendement des solvants.	Moyen	Élevé
	Développement de membranes de séparation des gaz et d'absorption des gaz.	Technologie au stade de développement.	Recherche à échelle d'essai en collaboration avec les fournisseurs de technologie.	Moyen	Élevé
	Mise à l'échelle des capacités de capture du CO_2 post-combustion.	RAM non démontrées à échelle de service public d'électricité.	Faire la démonstration du rendement à échelle de service public d'électricité.	Élevé	Élevé
Modélisation des éléments et intégration des systèmes	Développer des modèles pour prévoir le rendement des cycles et des éléments.	Absence de données opérationnelles et de modèles de procédés.	Obtenir des données opérationnelles par la recherche à échelle pilote et développer des modèles de procédés.	Élevé	Élevé

Tableau C.3 Gazéification : Objectifs SAGES relatifs aux effets et aux possibilités de réalisation					
Objectifs	Situation future souhaitée (vision)	Lacunes critiques	Objectifs SAGES	Possibilités de réalisation	Effets
Caractérisation des charbons	Caractérisation des charbons canadiens et modélisation de leur rendement dans les gazogènes.	Données sur la réactivité des charbons pauvres dans la gazéification Connaissances sur la répartition des éléments-traces Spécifications souhaitées sur le comportement des cendres, la scorification et l'enrassement.	Mettre au point des installations pilotes et d'essai pour évaluer le rendement Élaborer des modèles adéquats pour simuler le rendement commercial.	Élevé	Élevé
Préparation des produits d'alimentation	De nouvelles façons améliorées pour éliminer l'humidité et les cendres afin d'accroître la densité énergétique. Technologie à base d'extraction des solvants et d'élimination des cendres pour améliorer la qualité des charbons	Le Canada n'a pas de capacités de valorisation de la recherche sur les charbons.	Création d'un centre d'excellence sur la valorisation du charbon.	Moyen	Élevé
	Techniques économiques pour faire des briquettes et des boulettes, ainsi que des agglomérants économiques, particulièrement pour le charbon fin Préparation des boues optimisées pour les systèmes d'alimentation	Le Canada n'a pas de capacités de recherche sur la préparation des produits d'alimentation de boues.	Création d'un centre d'excellence sur la préparation des produits d'alimentation.	Moyen	Élevé
	Caractérisation des charbons et des mélanges de combustibles solides de recharge, p. ex. le coke de pétrole, les déchets urbains solides, les produits de la biomasse et les boues d'eaux usées.	Absence d'informations sur le rendement des mélanges de combustibles dans les modèles actuels et nouveaux de gazogènes.	Effectuer des essais à échelle pilote et élaborer une base de données sur le rendement des mélanges de combustibles.	Élevé	Élevé
Systèmes d'alimentation	Effet de la qualité des produits d'alimentation sur la durée de vie des injecteurs de ces derniers et accessibilité des centrales.	Mise au point de matériaux pour les systèmes d'alimentation de boues sèches et humides. Systèmes pour la co-alimentation de produits opportunistes comme le coke de pétrole, les matières de la biomasse et les déchets urbains solides.	Consulter et assurer la recherche de base pour appuyer les fournisseurs commerciaux de gazogènes	Moyen	Moyen
Séparation de l'air	Membranes de séparation de l'oxygène.	Présence sur le marché de membranes économiques de SO	Recherche de base et appui des fournisseurs.	Moyen	Élevé
	ASA de température intermédiaire mettant en jeu des procédés d'AMP/ d'AMV.	Absence sur le marché			
Gazéification	FAE accrus.	FAE satisfaisants ne sont pas encore démontrés.	Faire la démonstration de la technologie à échelle de services publics.	Moyen	Élevé
	Nouveaux matériaux pour le revêtement afin d'améliorer le rendement réfractaire à des coûts réduits; R-D sur les matériaux réfractaires refroidis par humidité.	Développement de matériaux et nouveaux matériaux réfractaires refroidis par humidité.	Consulter et assurer la recherche de base pour appuyer les fournisseurs commerciaux de gazogènes.	Faible	Moyen
	Modèles cinétiques des réactions propres aux gazogènes.	Absence de compréhension de la décomposition des charbons et de son effet.	Amélioration de la gazéification des charbons à faible température.	Moyen	Moyen
	Modèles de la CLF pour brûleurs.	Absence de modèles fiables pour les charbons canadiens.	Élaborer des modèles de la CLF pour brûleurs dans des milieux de gazéification.	Moyen	Moyen

Tableau C.3 Gazéification : Objectifs SAGES relatifs aux effets et aux possibilités de réalisation (Suite)					
Objectifs	Situation future souhaitée (vision)	Lacunes critiques	Objectifs SAGES	Possibilités de réalisation	Effets
Gazéification	Températures réduites de la fusion des cendres à moins de 1 200°C afin d'accroître la valeur thermique des gaz de synthèse et de réduire la consommation d'oxygène.	Absence d'additifs de flux convenables.	Mettre au point des additifs de flux pour les charbons canadiens.	Élevé	Faible
	Gazogènes de troisième génération impliquant l'hydrogazéification, la gazéification du CO ₂ et la gazéification de la vapeur à l'aide de charbons pauvres.	Absence de modèles convenant à l'analyse et à l'établissement des avantages propres aux gazogènes de troisième génération.	Élaborer des modèles de la CLF et des procédés.	Moyen	Élevé
Épuration des gaz synthétiques	Séparation à haute pression de l'H ₂ et du CO ₂ .	Technologie commerciale pour la séparation de l'H ₂ /CO ₂ à haute pression.	Établir les techniques les plus prometteuses et développer celles qui offrent les meilleures possibilités.	Moyen	Élevé
	Épuration des gaz chauds.	Développement de matériaux et de techniques perfectionnés.	Surveillance et évaluation technologiques.	Faible	Moyen
Caractérisation des scories	Réduction du carbone et de l'humidité résiduels. Base de données sur la viscosité et les propriétés du flux.	Caractérisation des scories dans les charbons canadiens.	Recherche à échelle pilote sur la caractérisation des scories dans les charbons canadiens.	Élevé	Moyen
Récupération de la chaleur	Systèmes efficaces de transferts thermiques.	Aucune solution de rechange sur le marché pour le refroidissement par l'eau.	Recherches sur l'utilisation d'autres systèmes de refroidissement efficaces.	Faible	Moyen
État de production électrique	Développement de turbines compatibles aux gaz synthétiques riches en hydrogène.	Présence sur le marché de turbines compatibles aux gaz synthétiques riches en hydrogène.	Recherche de base et appui des fournisseurs.	Moyen	Moyen
	Turbines à oxy-combustibles.	Présence sur le marché de turbines riches en oxygène/CO ₂ .	Recherche de base et appui des fournisseurs.	Moyen	Élevé
	Cycles de type TAH avec gazéification par refroidissement d'eau à faibles coûts.	Absence de la technologie sur le marché.	Évaluer la viabilité commerciale des cycles de type TAH.	Moyen	Moyen
	Piles à combustible compatibles aux gaz synthétiques.	Absence de la technologie adéquate sur le marché.	Développer la technologie à base de piles à combustible dans le cadre du Programme canadien de R-D et de commercialisation sur les piles à combustible.	Moyen	Élevé
Réseaux chimiques	Développement des procédés et détermination des débouchés.	Possibilités limitées en raison de la compléxité économique des éléments de rechange.	Donner aux fournisseurs commerciaux un appui en matière de R-D afin d'améliorer les aspects économiques des procédés intéressant le Canada.	Faible	Moyen
Regroupement et optimisation des procédés	Optimisation pour la production simultanée de l'hydrogène, des gaz synthétiques, de la vapeur, du CO ₂ et de l'électricité.	Absence de données particulières aux emplacements et de paramètres de fonctionnement afin de les incorporer aux ensembles d'optimisation des procédés.	Effectuer des études de marché et déterminer les paramètres opérationnels par de la recherche à échelle pilote et élaborer des modèles adéquats d'optimisation des procédés.	Élevé	Élevé
Infrastructures supplémentaires	Centrale de démonstration canadienne à pleine échelle alimentée par lignite/charbon subbitumineux ayant plusieurs aléages conçus spécialement pour mettre à l'essai une nouvelle technologie en mode direct et en mode de fonctionnement.	Absence d'installations de démonstration.	Construire des installations de démonstration à pleine échelle.	Faible	Élevé

Annexe D

- ❑ La Canadian Clean Power Coalition a émis la suggestion des profiter des expériences passées du DOE américain avec son programme de démonstration, c'est-à-dire :
- ❑ disposer de crédits alloués à l'avance – un financement complet de plusieurs années au début du programme confirme que le gouvernement s'engage pour toute la durée de celui-ci.
- ❑ De multiples sollicitations étalées sur plusieurs années – ce qui donne le temps nécessaire de tenir compte des expériences apprises d'une sollicitation pour une autre sollicitation.
- ❑ Permettre à l'industrie de fixer le programme technique – en se basant sur les objectifs établis par le gouvernement. Avec la participation de l'industrie et l'orientation en matière de politiques, définir des objectifs et des exigences en fonction des résultats visés sur lesquels les propositions peuvent être jugées.
- ❑ Établir les rôles du gouvernement et de l'industrie – ce qui permet à la mise en œuvre du programme de progresser en douceur sans provoquer de conflits.
- ❑ Faire participer le public à l'établissement des orientations et des critères pour les sollicitations – en ayant recours à des réunions publiques pour obtenir les commentaires et les suggestions qui aideront le gouvernement à définir les buts et les objectifs.
- ❑ Définir des critères brefs et succints – sur lesquels baser l'évaluation des propositions.
- ❑ Recourir au cofinancement – où la première étape porte sur la période de résolution des problèmes concernant l'élaboration des projets et la deuxième étape sur la conception détaillée, la construction et la mise en service.
- ❑ Déterminer des échéances concernant la négociation des marchés.
- ❑ Offrir des séances d'informations explicatives à tous les promoteurs dont les propositions ne sont pas retenues.
- ❑ Échelonner les démonstrations de façon adéquate – puisque le programme de démonstrations est de prouver que la TCE avancée offrant son lot de promesses peut fonctionner à une échelle commerciale complète. L'expérience a démontré que cet objectif ne peut être atteint que si les démonstrations se font à une échelle commerciale complète et que si celles-ci sont regroupées aux autres activités de l'unité concernée.
- ❑ Partage des coûts à toutes les étapes des projets – il est important d'obtenir l'engagement de tous les participants de l'industrie et leur apport significatif en argent (ou en un niveau équivalent en nature) pour le partage des coûts (> 50 p. 100) à toutes les étapes des projets.
- ❑ Imposer des normes environnementales contraignantes - pour bien démontrer que la technologie peut être conforme et dépasser toutes les exigences environnementales prévues.
- ❑ Imposer des exigences raisonnables en matière de dédommagements – puisque les participants de l'industrie doivent disposer des avoirs financiers ou des assurances suffisants pour dédommager le gouvernement en cas de non-achèvement du projet.

- ❑ Ne présenter que les informations techniques et financières pour l'évaluation des propositions – afin de réduire les coûts d'élaboration des propositions et éviter de recevoir des données inutiles pour sélectionner celles-ci.
- ❑ Fournir aux participants de l'industrie des droits de propriété – tout en comprenant que la technologie démontrée doit être accessible sans distinction à toutes les entreprises canadiennes.
- ❑ Rembourser les investissements faits par le gouvernement – par la réalisation de projet fructueux sur le plan commercial afin de rendre les subventions gouvernementales plus raisonnables.
- ❑ Accorder au gouvernement le droit de se retirer prématurément de la réalisation des projets – si les participants de l'industrie obtiennent les succès escomptés.
- ❑ Diviser les ententes de collaboration en points évidents de décision – en accord avec les éléments de décision des projets.

Références

- ACR, 2004. Oil Sands Technology Roadmap. Alberta Chamber of Resources (ACR).
- GC, 2004. Réunion du Groupe consultatif (GC) des CRTCE, janvier 2004.
- ASRA, 2001. *Review of Government Energy R&D*. Alberta Science and Research Authority (ASRA).
- Amarnath, 2003. *Personal Documentation from Luscar Ltd.*
- Amarnath, 2004. *Personal Documentation from Luscar Ltd.*
- AMPCO, 2004. *The Cost and Other Impacts of Targeting the Phase-Out Of Coal-Fired Generation By 2007*. L'Association of Major Power Consumers in Ontario (AMPCO).
- Buckley, 2004. *Personal communication with Carol Buckley*. Directrice générale, Énergie, Grands Émetteurs finaux, Ressources naturelles Canada.
- ACC, 2005. *Site Web de l'Association charbonnière du Canada (ACC)*. Consulté le 7 janv. 2005. <http://www.coal.ca/index.htm>
- Canadian Geographic, 2004. *Trans-boundary Air Flow into Ontario*. Canadian Geographic.
- CCPC, 2004. *Completion of Evaluation of Retrofit Options Rapport final*. Canadian Clean Power Coalition (CCPC).
- CCPC, 2004a. *Summary Report of Phase I Feasibility Studies – Résumé*. Canadian Clean Power Coalition (CCPC).
- CRTCSC, forthcoming. *Cartes routières technologiques de la capture et du stockage du carbone*, Groupe de travail du CRTCSC.
- ACE, 2001. *A Bird's Eye View of Electricity Supply and Demand to 2020*. Association canadienne de l'électricité (ACE).
- ICRE, 2005. *Levelized Unit Electricity Cost Comparison of Alternate Technologies for Base Load Generation in Ontario*. Institut canadien de la recherche sur l'énergie (ICRE).
- CGPC, 2001. *Natural Gas Potential in Canada – 2001*. Canadian Gas Potential Committee (CGPC).
- <http://www.canadiangaspotential.com>.
- Clark, Langley, Sasahara, Inada, Yamashita et Tozai, 2002. *Ultra Clean Coal as a Turbine Fuel*. 27^e Rencontre de l'International Committee for Coal Research, Brisbane, Australie, 24-25 septembre 2002.
- Couch, 2002. *Coal Upgrading to Reduce CO2 Emissions*. Clean Coal Centre de l'AIE, Rapport CCC/67.
- Courtright et Armor, 2003. *Coal Research and Development in the USA: Recent Advances from EPRI, and Key Initiatives from DOE*. International Committee for Coal Research, Pittsburgh, PA., 16-17 octobre 2003.
- CSUG, 2004. *Natural Gas from Coal*. Canadian Society for Unconventional Gas (CSUG).
- CURC/EPRI/DOE, 2003. *Clean Coal Technology Roadmap*. Coal Utilization Research Council/Electric Power Research Institute/Department of Energy (CURC/EPRI/DOE).
- Downing, 2002. *Dynamics of Canadian Coal Supply*. Bulletin de l'Institut canadien des mines, de la métallurgie et du pétrole, vol. 95, 63-66.
- EC, 2002. *Inventaire canadien des gaz à effet de serre*. Environnement Canada (EC)

- EC, 2004. *Nouvelles directives sur le contrôle du mercure*. Environnement Canada (EC).
- EC, 2005. Site Web du secteur canadien de l'électricité à Environnement Canada. Environment Canada (EC). Consulté le 30 janvier 2005. http://www.ec.gc.ca/energ/electric/elec_home_e.htm.
- Energy Resources International, 2001. *Assessment of the U.S. Clean Coal Technology Programme: An Update*. Energy Resources International Inc.
- IF, 2005. *Pain Without Gain: Shutting down coal-fired power plants would hurt Ontario*. Institut Frazer (IF).
- Gouv. du Canada, 2002. *Plan du Canada sur les changements climatiques*. Gouvernement du Canada.
http://www.climatechange.gc.ca/plan_for_canada/plan/index.html.
- Gupta et Thambimuthu, 2003. *Clean Coal Technology (CCT) Roadmap - Strawman of Technologies*. Rapport du Centre de la technologie de l'énergie de CANMET – Ottawa CETC-O-ACT-03-77, Ressources naturelles Canada.
- Gupta, 16 avril 2004. Troisième réunion du Groupe consultatif des CRTCE. Calgary, Alberta.
- Harada, 2003. *Clean Coal Technology Development Strategy in Japan*. Présenté à l'International Committee for Coal Research, Pittsburgh, PA., 16-17 octobre 2003.
- Henderson, 2003. *Clean Coal Technologies*. Clean Coal Centre de l'Agence internationale de l'énergie, Rapport CCC/74.
- Henderson, 2003a. *Clean Coal Technologies Roadmaps*. Clean Coal Centre de l'Agence internationale de l'énergie, Rapport CCC/75.
- AIE, 2002. *World Energy Outlook, 2002*. Agence internationale de l'énergie (AIE).
- AIE, 2003. *Clean Coal Technologies Roadmap*. Clean Coal Centre de l'Agence internationale de l'énergie. Rapport # CCC/75.
- AIE, 2004. *World Energy Outlook, 2004*. Agence internationale de l'énergie (AIE).
- Kjaer, 2003. *Experience in Design and Operation of Supercritical Power Stations in Denmark*. Présentation au premier Atelier canadien des CRTCE, Calgary, 20-21 mars 2003.
- Michiaki, 2002. *An Overview of Japanese CCTs*. Cleaner Coal Technology Conference, Londres, R.-U., 4-5 fév.
- PNCC, 1999. *Canada's Emissions Outlook: an Update*. Groupe de l'analyse et de la modélisation, Processus national sur le changement climatique (PNCC).
- ONE, 2003. *L'avenir énergétique du Canada, Scénarios relatifs à l'offre et à la demande jusqu'en 2025*. Office national de l'énergie (ONE).
- ONE, 2004. *Canada's Oil Sands: Opportunities and Challenges to 2015*. Office national de l'énergie (ONE).
- ONE, 2004a. *Canada's Conventional Natural Gas Resources – a status report*. Office national de l'énergie (ONE).
- RNCan, 1999. *Canadian Emissions Outlook (1997 – 2020)*. Ressources naturelles Canada (RNCan)
- RNCan, 2000. *Énergie au Canada 2000*. Ressources naturelles Canada (RNCan).

- RNCan, 2001. *Les énergies renouvelables au Canada 2001*. Ressources naturelles Canada (RNCan).
- RNCan, 2002. Guide de données sur la consommation d'énergie. Ressources naturelles Canada (RNCan).
- RNCan, 2003. *Annuaire des minéraux du Canada*. Ressources naturelles Canada (RNCan).
- Pearson, 2003. *Clean Coal Technology Roadmap: Issues Paper*. Premier Atelier canadien sur les Cartes routières technologiques du charbon écologique, Calgary, Alberta, 20-21 mars 2003.
http://www.nrcan.gc.ca/es/etb/cetc/combustion/cctrm/pdfs/bpearson_cctrm_issues_paper.pdf.
- Pearson et Pomalis, 2004. Personal Documentation from NRCan.
- RDI, 2001. *New Coal-Fired Generation: The Race is On*. RDI Consulting (RDI).
- Romaniuk et Naidu, 1987. *Coal Mining in Canada: 1986*. Ministère de l'énergie, des Mines et des Ressources, Rapport de CANMET 87-3E.
- Scott, Ciferno et Dipietro, 2003. *Systems Analysis Supporting the Carbon Sequestration Technology Roadmap*. Second National Conference on Carbon Sequestration, National Energy Technology Laboratory, 6 mai 2003.
- Spath, Mann et Kerr, 1999. *Life Cycle Assessment of Coal-fired Power Production*. National Renewable Energy Laboratory (NREL) Rapport # NREL/TP-570-25119.
- Spath et Mann, 2000. *Life Cycle Assessment of Natural Gas Combined-Cycle Power Generation Systems*. National Renewable Energy Laboratory (NREL) Rapport # NREL/TP-570-27715.
- USDOE, 2001. *Vision 21 Technology Roadmap*. US Department of Energy (USDOE), Office of Fossil Energy.
- WCI, 2005. Site Web du World Coal Institute (WCI) corporate website. Consulté le 14 mars 2005.
http://www.wci-coal.com/web/content.php?menu_id=2.3.

Glossaire

Gazéification de deuxième génération : Référence à l'état actuel de la technologie de pointe en matière de gazogène.

Gazéification de troisième génération : Référence à la technologie de pointe en matière de gazogène qui sera disponible d'ici 2010 et offrira une grande efficacité, une forte souplesse aux charbons pauvres et des possibilités d'adaptation à la capture du CO₂.

Pluies acides : Désignées également sous les vocables de « précipitations acides » ou de « dépôts acides », les pluies acides consistent en toute forme de précipitations contenant des quantités nocives d'acide nitrique et d'acide sulfurique, lesquelles sont constituées surtout d'oxydes d'azote et d'oxydes de soufre rejetés dans l'atmosphère lors du brûlage de combustibles fossiles.

Cendres : Substances inorganiques et ininflammables (des impuretés comme la silice, le fer et l'aluminium) qui demeurent après le brûlage du charbon, du coke de charbon ou d'autres combustibles solides. Les cendres augmentent le poids du combustible, ce qui contribue à accroître le coût de manutention et risque de perturber la combustion. Le contenu en cendres est mesuré en pourcentage du poids total de la source de combustible sec.

Biomasse : Matériaux de la centrale et résidus animaux qui sont disponibles sous forme de matières premières. Dans le cas de l'électricité, la biomasse est source de combustible. La biomasse est considérée comme étant une ressource renouvelable (exempte d'émissions de gaz à effet de serre), pourvu que les approvisionnements soient renouvelés au cours du temps.

Bitume : Un mélange visqueux naturel fait principalement d'hydrocarbures ; il peut également contenir de forts niveaux d'éléments sulfureux. À son état visqueux naturel, le bitume n'est pas commercialement récupérable dans un puits de pétrole classique. Le bitume compose habituellement 10 p. 100 du poids des sables bitumineux, mais le degré de saturation varie.

Combustible carboné : Un combustible qui contient du carbone en tant que principal constituant du processus d'oxydation et qui, par conséquent, dégage une énergie pouvant servir à des fins utiles.

Dioxyde de carbone (CO₂) : Un gaz incolore, inodore et inoffensif qui constitue un élément normal d'un grand nombre de systèmes terrestres, notamment l'atmosphère, la biosphère et les océans. Exhalé par les humains et les animaux, le dioxyde de carbone est absorbé par les plantes vertes qui poussent et par les océans. Le dioxyde de carbone est également produit lors de la combustion de toute source de combustible carboné, y compris les combustibles fossiles. C'est un des gaz à effet de serre, celui qui préoccupe au premier plan dans le domaine des changements climatiques en raison de sa présence partout et de sa concentration élevée dans l'atmosphère terrestre due aux activités humaines.

Capture et stockage du dioxyde de carbone : Cueillette du dioxyde de carbone à l'intérieur des gaz de carneau provenant de la combustion ou de la gazéification des combustibles carbonés, ou encore d'autres procédés industriels, pour, ensuite, le concentrer afin de le transporter à un site géologique permanent favorisant le stockage. Parmi les sites de stockage, on retrouve le lit des océans, les aquifers, les réservoirs de gaz et de pétrole abandonnés et les couches de houille. Il s'agit là d'un nouveau modèle non démontré de contrôler les émissions de dioxyde de carbone d'origine humaine dans l'atmosphère et d'atténuer les répercussions des changements climatiques.

Technologie liée au charbon écologique : Un grand nombre de nouveaux procédés technologiques novateurs conçus pour extraire et utiliser le charbon de manière plus efficace et économique, tout en diminuant les répercussions environnementales en découlant. Parmi ces procédés de TCE, soulignons la combustion d'oxy-combustibles et la gazéification du charbon.

Mécanisme de développement propre (MDP) : L'un des trois mécanismes commerciaux établis dans le cadre du Protocole de Kyoto, le Mécanisme de développement propre vise à promouvoir le développement durable dans les pays en développement et à aider les membres de l'Annexe I à atteindre leurs objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. LE MDP permet aux pays de l'Annexe I d'investir dans la

réalisation de projets de réduction des émissions à l'intérieur de pays en développement et, en retour, de recevoir des certificats de réduction des émissions.

Changements climatiques : L'expression « changements climatiques » fait référence à toutes les formes de variations ou de déviations climatiques. Toutefois, celle-ci est plus généralement acceptée aujourd'hui pour décrire le phénomène encore récent du réchauffement de la planète qui résulte d'un accroissement des émissions anthropiques de gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre (se référer également au **Réchauffement de la planète**).

Charbon : Un combustible solide noir ou brun-noir formé à partir de matières organiques préhistoriques comme des matières végétales. Le charbon est l'objet d'une exploitation minière et d'une combustion pour produire de la chaleur et de l'énergie. Le classement d'un charbon se fait en fonction de sa quantité de matières volatiles, de son contenu fixe en carbone et de sa valeur thermique. À l'intérieur de ce classement, on retrouve ainsi l'antracite (qui contient de 23 à 33 MJ/kg environ), le charbon bitumineux (de 20 à 32 MJ/kg), le charbon subbitumineux (de 17 à 25 MJ/kg) et la lignite (de 9 à 18 MJ/kg).

Valorisation du charbon : Procédé consistant à éliminer les impuretés, comme les cendres, le soufre et l'humidité, à l'intérieur du charbon brut afin d'en accroître la densité énergétique. La valorisation permet d'augmenter la valeur du charbon en tant que source de combustible en réduisant l'humidité, le soufre et le contenu inorganique, cela avant son transport vers les installations alimentées par lui. De même, la valorisation favorise la combustion à l'intérieur de ces dernières.

Boues de charbon : Charbon pulvérisé en suspension dans l'eau en vue de son transport ou de son injection dans une chaudière ou un gazogène.

Production combinée de chaleur et d'électricité : Production simultanée d'électricité et de chaleur utiles à partir d'un procédé thermique de génération électrique. La chaleur à faible température est extraite des gaz de carneau pour être utilisée dans des centrales thermiques d'électricité ou des réseaux d'énergie de quartier, contribuant ainsi à accroître la quantité de combustible disponible pour l'efficacité des transformations énergétiques. La production combinée de chaleur et d'électricité est fréquemment désignée comme étant de la cogénération.

Combustion : Oxydation de combustibles carbonés avec dégagement d'énergie sous forme de chaleur et de lumière. Le brûlage de combustibles tels que le charbon, le pétrole, le gaz naturel et le bois dégage des éléments polluants et d'autres émissions atmosphériques en tant que produits secondaires (notamment du dioxyde de soufre, de l'oxyde d'azote, des particules et du dioxyde de carbone).

Réseaux d'énergie/chimiques : Modèle de centrales électriques et de réseaux chimiques de pointe, ultra-écologiques et à haut rendement énergétique aptes à produire un grand nombre de produits énergétiques (comme de l'électricité, des combustibles liquides, de la vapeur et de la chaleur), de produits chimiques primaires et d'autres matières premières. Aussi fréquemment désignée comme étant des réseaux de production multiple.

Gaz de carneau : Gaz de résidus après la combustion du combustible. Les gaz de carneau sont habituellement relâchés par une canalisation ou une cheminée dans l'atmosphère. Dans certains cas, les gaz de carneau sont recueillis et ses éléments constitutifs sont utilisés à d'autres fins.

Combustion en lit fluidisé : Procédé par lequel une installation sert à brûler des particules pulvérisées de combustible solide, qui se trouvent en suspension dans l'air ou dans un gaz, et qui se comportent comme un courant liquide de produits.

Combustibles fossiles : Tout combustible organique naturel, comme le pétrole brut, le gaz naturel, le charbon, la tourbe, ainsi que leurs produits secondaires. Les combustibles fossiles se sont formés à la suite de toute une série d'étapes terrestres où les restes d'anciens organismes vivants provenant des temps préhistoriques ont été ensevelis géologiquement (ou scellés). Il est indispensable que les matières organiques subissent la quantité adéquate de chaleur et de pression souterraines, cela pour une période de temps appropriée, pour constituer des combustibles fossiles ou des hydrocarbures.

Piles à combustible : Appareils électrochimiques dénués de pièces mobiles qui permettent de transformer l'énergie chimique provenant de certaines sources de combustibles (comme l'hydrogène et l'oxygène) en

électricité, en chaleur et en autres produits secondaires. Les principaux éléments d'une pile à combustible sont deux électrodes à action catalytique (l'anode positive et la cathode négative) et un électrolyte, lequel permet de transporter les ions entre les deux électrodes et de faire passer le courant électrique.

Gazéification (à l'aide d'un gazogène) : Oxydation partielle ou contrôlée de combustibles carbonés, ce qui permet d'obtenir un mélange de gaz (notamment de l'hydrogène, du monoxyde de carbone et de l'eau) et de produits solides (comme des cendres ou des scories). La gazéification est un procédé que l'on peut utiliser pour produire une grande quantité de combustibles et de matières chimiques.

Réchauffement de la planète : Hausse progressive et graduelle de la température à la surface de la Terre, causée, selon plusieurs personnes, par l'effet de serre. Le réchauffement de la planète est responsable des changements climatiques partout dans le monde observés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. Le réchauffement de la planète s'est déjà produit par le passé à la suite de causes naturelles. Toutefois, l'expression est utilisée aujourd'hui pour désigner le réchauffement de la Terre causé par un accroissement, réel ou prévu, des activités anthropiques et des émissions de gaz à effet de serre.

Gaz à effet de serre (GES) : Gaz atmosphériques qui permettent aux rayons solaires de pénétrer dans l'atmosphère terrestre et, par conséquent, d'atteindre la surface de la planète, ce qui contribue à l'absorption des rayons infrarouges qui, autrement, seraient renvoyés dans l'espace. Le processus qui consiste à emprisonner les rayons infrarouges à grandes longueurs d'onde est connu comme étant « l'effet de serre », et ce dernier empêche l'atmosphère terrestre de refroidir autant qu'elle le devrait. Toutefois, les activités d'origine humaine pourraient faire augmenter la concentration des GES atmosphériques à des niveaux dangereux. Les principaux gaz à effet de serre sont le dioxyde de carbone, le méthane, l'oxide d'azote, l'ozone, l'eau et les chlorofluorocarbones.

Pouvoir calorifique supérieur : Maximum d'énergie possible qui se dégage de l'oxydation complète d'une unité de combustible, ce qui inclut l'énergie thermique recueillie par la condensation et le refroidissement de tous les produits secondaires de la combustion.

Hydro-électricité : Électricité produite par la cueillette de l'énergie cinétique provenant de chutes d'eau et par l'utilisation de celle-ci pour faire tourner mécaniquement une turbine génératrice. Souvent désigné comme étant « l'hydro ».

Cycle combiné de gazéification : Même procédé que dans le cas du cycle combiné du gaz naturel, mais avec une source de combustible différente. Dans un cycle combiné de gazéification, le combustible est produit à partir d'une source de matières solides, comme le charbon, pour, ensuite, être gazéifié en vue d'obtenir des gaz synthétiques. Ces derniers sont alors brûlés et mis en expansion dans une turbine au gaz (cycle de Brayton), le tout étant suivi d'un deuxième cycle de récupération de la chaleur dans les gaz de carneau pour activer une turbine à vapeur (cycle de Rankine). Ces activités visent toutes à produire de l'électricité.

Mise en œuvre conjointe : L'un des trois mécanismes commerciaux établis dans le cadre du Protocole de Kyoto, la Mise en œuvre conjointe est une entente contractuelle où les pays de l'Annexe 1 investissent dans la réduction des émissions, ou dans l'amélioration d'un puits sur le territoire d'un autre pays de la même annexe, afin de gagner des crédits de réduction des émissions.

Protocole de Kyoto : Accord international signé en décembre 1997 à Kyoto, au Japon. Ce protocole a permis d'établir des objectifs en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre pour les pays développés, objectifs selon lesquels ces pays devraient diminuer de 5,2 p. 100 (en moyenne) les niveaux obtenus en 1990. Le Protocole de Kyoto est officiellement devenu une convention liant les parties le 16 février 2005.

Analyse du cycle de vie des émissions : Système d'analyse des émissions dans leur totalité provenant d'une source particulière de combustible ou d'une technologie énergétique particulière en tenant compte du cycle de vie complet. Autrement dit, l'analyse en question englobe les émissions à partir de l'extraction, de la production et du transport jusqu'à la consommation finale.

Gaz naturel liquéfié : Gaz naturel condensé jusqu'à sa forme liquide, ce qui s'obtient habituellement par le refroidissement cryogénique à une température de -200°C.

Pouvoir calorifique inférieur : Énergie nette dégagée durant l'oxydation d'une unité de combustible, excluant la chaleur nécessaire pour vaporiser l'eau dans le combustible ou l'eau produite par la combustion de l'hydrogène.

Gaz naturel : Mélange naturel de gaz d'hydrocarbures et d'autres gaz découvert dans des formations géologiques poreuses sous la surface de la Terre. Le gaz naturel est souvent relié au pétrole brut. Le principal élément du gaz naturel est le méthane, mais il comprend également de l'éthane, du butane, du propane et d'autres gaz. Les impuretés que l'on retrouve dans le gaz naturel sont, fréquemment, de l'azote, du dioxyde de carbone et du sulfure d'hydrogène.

Cycle combiné de gaz naturel : Centrale électrique combinée qui, tout d'abord, extrait l'énergie de la combustion du gaz naturel en ayant recours à des turbines à expansion pour transformer l'énergie mécanique en énergie électrique (le cycle de Brayton). Par la suite, la chaleur est récupérée dans les gaz de carneau qui s'échappent pour produire d'autres quantités d'électricité grâce à des turbines d'expansion à la vapeur (le cycle de Rankin).

Oxydes d'azote (NO_x) : Polluants atmosphériques importants qui se forment souvent à partir de l'azote dans l'air lorsqu'un combustible carboné est brûlé à haute température. Les oxydes d'azote sont un des principaux éléments à l'origine du smog. Ils contribuent également à la formation de pluies acides.

Production d'électricité par énergie nucléaire : Électricité produite par la séparation des atomes lourds (fission) ou par le regroupement des atomes légers (fusion). Seule la fission nucléaire est actuellement réalisable sur le plan technique pour la production d'électricité. Une centrale nucléaire fait appel aux réactions atomiques en chaîne de manière contrôlée pour produire de la chaleur, laquelle sert alors à obtenir de la vapeur permettant d'actionner une génératrice courante. L'énergie nucléaire était le premier choix pour alimenter les nouvelles centrales électriques dans les années 1970 et début de 1980, mais sa contribution aux approvisionnements énergétiques mondiaux a, depuis ce temps, chuté.

Pétrole brut : Mélange liquide d'hydrocarbures trouvé dans des formations rocheuses adéquates, lequel peut être découvert, extrait et raffiné pour obtenir une multitude de produits pétroliers tels que l'essence, le diesel, la paraffine et des matières chimiques.

Sables bitumineux : Sables imprégnés de bitume qui se retrouvent dans quatre régions géographiques de l'Alberta (Athabasca, Wabasca, Cold Lake et Peace River) et d'autres parties du monde.

Orimulsion : Émulsion de bitume et d'eau. Il s'agit d'une marque de commerce de Bituminas, Orinoco, SA du Venezuela.

Combustion des oxy-combustibles : Combustion de combustibles carbonés dans un milieu d'oxygène pur (ou dénué d'azote) afin de produire un flux de gaz de carneau formé principalement d'eau et de dioxyde de carbone. Ce procédé vise à éliminer la présence d'azote inerte au sein de la combustion, permettant ainsi de contrôler le flux des gaz de carneau tout en réduisant le volume de ces derniers et en facilitant la concentration de dioxyde de carbone pour la capture, le transport et le stockage.

Ozone : Molécules formées de trois atomes d'oxygène. L'ozone se forme naturellement et se retrouve dans la stratosphère très loin de la Terre. La couche d'ozone stratosphérique protège la Terre des rayons ultraviolets nocifs du soleil. Le principal composant du smog est l'ozone dans sa forme près du sol. L'ozone est le produit de réactions chimiques et du brûlage de combustibles fossiles.

Particules : Poussière et particules de combustibles non brûlées qui constituent la fumée ou la suie, ainsi que d'autres particules de matériaux solides, lesquelles sont dégagées dans l'atmosphère en tant qu'émissions. Ces particules proviennent d'une multitude de sources, notamment des moteurs diesel des camions et des autobus, de l'incinération de déchets, du mélange et de l'application d'engrais et de pesticides, de la construction de routes, de procédés industriels, ainsi que du fonctionnement de foyers et de poêles à bois. Les particules, lorsqu'elles sont inhalées, peuvent se coller aux poumons et provoquer des difficultés respiratoires. Elles sont également susceptibles d'irriter les yeux, le nez et la gorge.

Parcours : Un parcours est la progression linéaire ou la poursuite d'une série de développements technologiques dans le temps. Par exemple, il y a le parcours de la technologie Windows de Microsoft par rapport à celle d'UNIX, ou encore le parcours de transport par chemin de fer par rapport à celui du transport

routier. Dans le cas du charbon, on retrouve essentiellement deux parcours technologiques différents pour la préparation et l'utilisation dans la production de l'électricité, soit la combustion et la gazéification.

Coke de pétrole : Résidu riche en carbone et faible en hydrogène qui est le produit secondaire de la décomposition thermique des sables bitumineux ou du pétrole lourd à l'intérieur du procédé de condensation utilisé pour la valorisation. Habituellement, le coke de pétrole se compose de près de 90 p. 100 de carbone avec très peu de cendres. Toutefois, il contient des métaux lourds comme le vanadium.

Production multiple : (Se référer à **Réseaux d'énergie/chimiques**.)

Combustion de charbon pulvérisé : Procédé où le charbon finement moulu (pulvérisé) et la chaleur servent à produire de la vapeur pour la production d'électricité (à l'intérieur du cycle de Rankin). En général, ce procédé est désigné comme le cycle sous-critique de vapeur, le cycle supercritique de vapeur ou le cycle ultra-supercritique de vapeur selon les conditions de pression et de température de celle-ci (qui, aujourd'hui, s'échelonne entre 22 et 35 MPa et 500 et 700°C). La température élevée de la vapeur dans le cycle de Rankin signifie une efficacité maximale du combustible pour la transformation en électricité.

Énergies renouvelables : Sources d'énergie où il est possible de gérer les ressources de manière à ce qu'elles ne soient l'objet d'une pénurie importante au cours du temps. Parmi les sources d'énergies renouvelables, on retrouve l'énergie solaire, l'énergie éolienne, les petites centrales hydrauliques, la biomasse et l'énergie géothermique. Les énergies renouvelables ne comprennent pas les sources qui sont liées à leurs limites terrestres, comme les combustibles fossiles et l'énergie nucléaire. Peu importe l'étendue d'une source énergétique, si elle est épuisable, elle n'est pas renouvelable.

Réserves : Le volume des ressources minérales ou des dépôts de combustibles fossiles que l'on peut extraire dans les conditions technologiques et économiques actuelles. Il s'agit également du volume que l'on prévoit être légalement possible d'extraire.

Ressources : Le volume des dépôts de minéraux ou de combustibles fossiles qui convient à l'exploration et au développement continus grâce à une combinaison favorable d'importance, de profondeur, de qualité et d'emplacement.

Transformation : Procédé catalytique utilisé pour transformer une molécule en une autre, comme recourir à la vapeur pour transformer le monoxyde de carbone en hydrogène et en dioxyde de carbone.

Scorie : La forme fondue de résidus inorganiques de cendres apparaissant après l'oxydation d'un combustible carboné à haute température. Le matériau constituant normalement les cendres qui se transforme en liquide à une température suffisamment élevée et qui se solidifie en matériau glacé lorsque refroidi.

Smog : Mélange de polluants (surtout de l'ozone en surface) produit par réactions chimiques dans l'air, lequel inclut des éléments à l'origine du smog comme les oxydes d'azote et l'eau. La combustion des combustibles fossiles contribue de manière substantielle à la formation de smog. Toutefois, le smog est souvent pire loin de sa source puisque les réactions chimiques qui sont à son origine se produisent dans l'atmosphère, tandis que les produits chimiques de réaction sont soufflés au loin. Le smog est nuisible à la santé, il endommage l'environnement et il provoque une faible visibilité.

Oxydes de soufre (SO_x) : Importants polluants atmosphériques. Le dioxyde et le trioxyde de soufre sont produits au cours de la combustion du charbon et d'autres combustibles fossiles, la majorité au sein de centrales électriques. Certains procédés industriels, comme la production de papier et la fonte des métaux, produisent également des oxydes de soufre. Les oxydes de soufre sont liés de près aux acides sulfuriques qui jouent un rôle de premier plan dans la formation des pluies acides.

Gaz synthétiques : Produits de la gazéification du charbon, ils sont principalement constitués d'un mélange de monoxyde de carbone et d'hydrogène.

Gaz naturel synthétique : Gaz produit à partir des gaz synthétiques qui contient principalement du méthane et est, par conséquent, semblable au gaz naturel.

Drainage par gravité au moyen de vapeur : Procédé de production pétrolière sur place qui fait appel à des puits horizontaux situés tout près pour obtenir du pétrole lourd et du bitume sans avoir à faire des excavations

ou d'autres perturbations importantes à la surface du sol. Dans un procédé classique de drainage par gravité au moyen de la vapeur, un puits sera utilisé pour injecter de la vapeur et un autre puits à proximité sera utilisé pour extraire des émulsions de bitume et d'eau à partir des dépôts de sables bitumineux ou de pétrole lourd.

Toxiques atmosphériques : Substances présentes dans l'air (sous forme solide, liquide ou gazeuse) en faibles concentrations, mais leur toxicité est telle qu'elles représentent un risque à la santé humaine ou à l'environnement. Les effets de ces toxiques couvrent une large gamme de conditions allant de l'irritation des poumons, en passant par les anomalies congénitales, pour finir par des cancers. Parmi les toxiques atmosphériques, on retrouve les particules, la formaldéhyde, le benzène, le tétrachlorure de carbone et certains métaux.

Charbon ultra-écologique : Charbon très pur (> 99 p. 100 de carbone et d'hydrogène) qui résulte d'un procédé de valorisation qui l'a épuré jusqu'à un contenu presque dénué de soufre et avec presque 1 p. 100 de contenu en éléments inorganiques.

Éléments organiques volatils : Éléments organiques qui sont très volatils à la température de la pièce et dans des pressions atmosphériques normales. Les vapeurs s'échappent facilement de ces éléments, lesquels englobent des combustibles comme l'essence, des produits chimiques industriels comme le benzène, et des solvants comme le toluène, le xylène et le tétrachloroéthylène. Plusieurs de ces éléments sont des polluants dangereux. Le benzène, par exemple, est cancérigène.

Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien : Le principal bassin sédimentaire continental, et le plus important du Canada, qui s'étend de la Colombie-Britannique à l'ouest jusqu'au Manitoba à l'est, et des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon au sud jusqu'aux États-Unis. Le Bassin sédimentaire de l'Ouest canadien couvre un territoire d'environ 1 484 800 km² et constitue la principale source de combustibles fossiles du Canada, que ce soit pour le pétrole, le gaz naturel, le bitume ou le charbon.

Énergie éolienne : Forme d'énergie renouvelable pour la production d'électricité qui fait appel aux vents pour actionner mécaniquement des éoliennes. Chaque éolienne contient une génératrice qui transforme la puissance mécanique en énergie électrique.