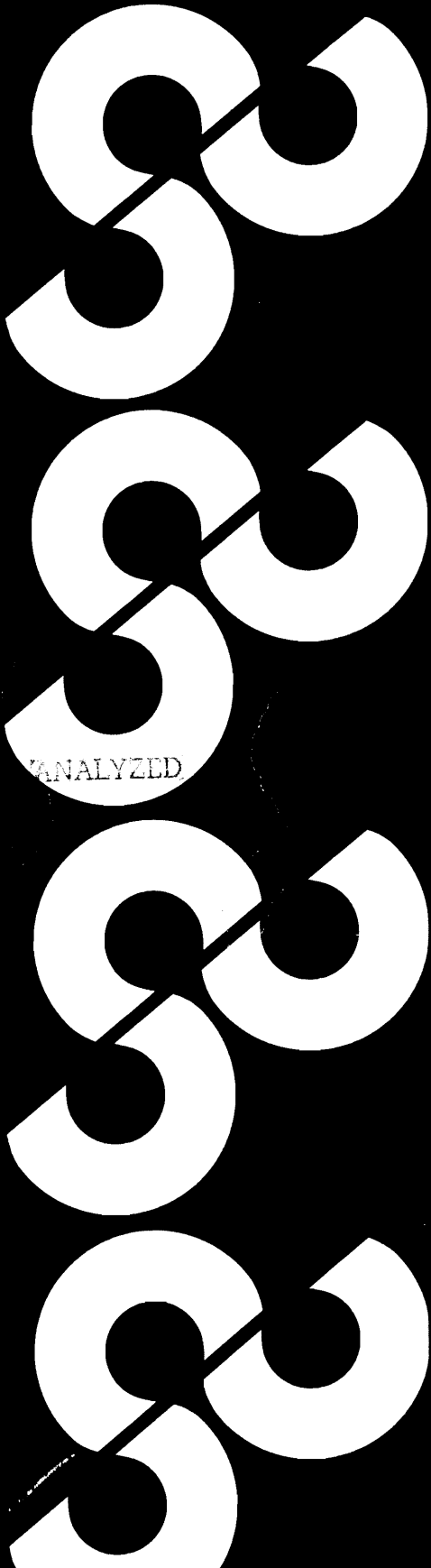


23 Conseil
des sciences
du Canada

Sa
021
C233
#23.

Rapport No 23
Mars 1975



ANALYZED

Les options énergétiques du Canada

CANADA INSTITUTE FOR S.T.I.

MAR 14 1975

OTTAWA
INSTITUT CANADIEN DE L'I.S.T.

ANALYSED

Conseil des sciences du Canada.
7^e étage,
150, rue Kent,
Ottawa, Ont.
K1P 5P4

© Droits de la Couronne réservés

En vente chez Information Canada à Ottawa,
et dans les librairies d'Information Canada:
Halifax – 1683, rue Barrington
Montréal – 640 ouest, rue S^{te}-Catherine
Ottawa – 171, rue Slater
Toronto – 221, rue Yonge
Winnipeg – 393, avenue Portage
Vancouver – 800, rue Granville
ou chez votre libraire

Prix Canada: \$2.75,
autres pays: \$3.30
N° de catalogue SS22-1975/23F
Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada
Ottawa, 1975

Imprimé par Mercury Press, Montréal
OHO-25-74-3

Mars 1975

L'honorable Charles M. Drury, c.p., député,
Ministre d'État aux Sciences et à la Technologie,
Chambre des Communes, Ottawa

Monsieur le Ministre,

Conformément aux dispositions des articles onze et treize de la Loi sur le Conseil des sciences du Canada, j'ai le plaisir de vous envoyer le Rapport n° 23, « Les options énergétiques du Canada ».

L'étude sur laquelle ce rapport se fonde a été entreprise en septembre 1971. Le Comité pertinent du Conseil et les consultants ont pris contact avec la plupart des personnes bien informées des problèmes énergétiques du Canada, ou s'y intéressant de près. Le Conseil a effectué une analyse approfondie des faits recueillis, du meilleur de ses compétences, pour élaborer le présent Rapport.

Celui-ci trace les grandes lignes de l'action qui devrait être entreprise, selon le Conseil, et qui devrait être poursuivie à l'avenir, afin de maintenir la validité de nos options énergétiques. Les difficiles choix politiques à effectuer pourront ainsi se fonder sur un éventail d'options bien ouvert. Le Conseil souligne que, faute d'entreprendre les actions indispensables, la latitude de choix en matière de politique énergétique se rétrécirait au point de ne laisser que des options de seconde ou de troisième ordre au moment décisif.

Dès qu'il sera possible, le Conseil placera les études de documentation, sur lesquelles se base le Rapport, à la disposition du public.

Veuillez accepter, Monsieur le Ministre, l'expression de ma très haute considération,

Roger Gaudry,
Président,
Conseil des sciences du Canada.

Table des matières



I Premières perspectives	9
II Les tendances actuelles	17
L'approvisionnement énergétique actuel	19
Les produits pétroliers	19
Le gaz naturel	22
Le charbon	22
La houille blanche	24
L'uranium	24
L'utilisation actuelle de l'énergie	25
Le secteur domiciliaire	28
Le secteur commercial	28
Le secteur des transports	28
Le secteur industriel	29
Filières énergétiques de remplacement	30
Récapitulation des préoccupations immédiates	30
III Fixation des prix et autarcie énergétique	35
IV Les questions cruciales de coordination et de planification	41
Les limitations financières	44
Les limitations de la main-d'œuvre spécialisée	45
Les limitations dues à l'équipement et aux matériaux	47
Les problèmes de planification	48
V La consommation future	53
Mesures techniques pour l'économie d'énergie	56
Quelques incidences de la réduction éventuelle de la consommation énergétique	57
Les initiatives nécessaires en matière de politique de la consommation	58

VI Notre futur approvisionnement énergétique	63
Les combustibles fossiles	68
La houille blanche	74
La filière électronucléaire	76
L'énergie thermonucléaire	79
Sources énergétiques supplémentaires	80
Le rayonnement solaire	81
L'énergie de la matière organique	83
L'énergie tirée des déchets	85
L'énergie éolienne	87
L'énergie géothermique	88
L'énergie des marées	89
L'hydrogène, vecteur d'énergie	90
La transformation directe de l'énergie en électricité	91
Les piles à combustible	92
Transport de l'énergie	93
VII. Le milieu environnant	97
Les problèmes à l'échelle du globe	99
Les répercussions locales	100
Les problèmes de qualité de l'environnement	105
Gestion de l'énergie et milieu ambiant	107
VIII. Les rôles des protagonistes	109
IX. Orientations techniques de l'approvisionnement énergétique	117
Les combustibles fossiles	120
L'énergie électronucléaire	125
Les filières énergétiques complémentaires	125
L'instrument administratif pour la réalisation d'un programme majeur.	128
X. Épilogue	133
Comité du Conseil des sciences pour la politique scientifique de l'énergie	135
Membres du Conseil des sciences du Canada	137
Publications du Conseil des sciences du Canada	140
Index	145

Liste des tableaux

Tableau I – Caractéristiques des divers secteurs de consommation	26
Tableau II – Répartition de la consommation d'énergie par branches industrielles en 1970	29
Tableau III – Tableau synoptique des répercussions des activités énergétiques sur l'environnement	101
Tableau IV – Effort de R & D en matière de combustibles fossiles	122
Canevas du Rapport n° 23	couverture arrière interne

Liste des figures

Figure n° 1 – Consommation énergétique pour certaines années	27
Figure n° 2 – Approvisionnement futur en hydrocarbures	31

Un spécialiste canadien des questions énergétiques, à qui nous avons demandé de relire le texte de la version française du présent rapport, nous a signalé que certains termes employés, et qu'on trouve dans les revues techniques françaises, sont encore peu connus en Amérique du Nord. Malheureusement, les délais d'impression ne nous ont pas permis d'effectuer les changements nécessaires. C'est pourquoi nous prions nos lecteurs de tenir compte des équivalences suivantes:

- source d'énergie *pour* filière énergétique
- centrale nucléaire *pour* centrale électronucléaire
- hydroélectricité *pour* houille blanche
- craquage de l'eau *pour* décomposition thermochimique

I. Premières perspectives

Les perspectives énergétiques à long terme du Canada peuvent certainement susciter de l'optimisme chez les Canadiens. Les réserves énergétiques de notre pays sont importantes et diversifiées, les options qui se présentent sont nombreuses et les ressources humaines dont il dispose pour les mettre en œuvre sont suffisantes.

Cependant, la connaissance de plus en plus précise de l'ampleur de nos ressources énergétiques contraste avec de sérieuses préoccupations au sujet d'une pénurie éventuelle d'énergie, particulièrement dans le secteur pétrolier, au cours des années qui viennent. Il est aisé d'expliquer ce paradoxe d'une pénurie possible au sein d'une abondance potentielle.

Il faut noter tout d'abord que notre situation d'exportateur net de produits pétroliers n'empêche pas qu'au cours des prochaines années il sera impossible de livrer suffisamment de pétrole canadien à l'Est de notre pays, car aucun oléoduc continu n'existe actuellement; la sécurité de notre approvisionnement est ainsi vulnérable aux coups de théâtre qui bouleversent le marché mondial du pétrole.

Deuxièmement, il est peu probable que notre production pétrolière puisse satisfaire nos besoins après l'horizon 1980, même si nous découvriions les gisements pétroliers indispensables. Notre pays deviendra un importateur net de pétrole, car il nous sera impossible d'installer en temps voulu l'équipement d'exploitation et le réseau d'oléoducs. Ces observations s'appliquent également à d'autres formes d'énergie, mais de façon moins complète. La sécurité de nos approvisionnements énergétiques sera menacée par l'ampleur même de nos importations d'autres formes d'énergie.

En troisième lieu, la possibilité de disposer d'une énergie abondante après l'horizon 1980 dépend de notre acquisition, à ce moment, du potentiel technique indispensable pour l'aménagement des ressources énergétiques que nous ne pouvons pas utiliser actuellement. Ce sont ces dernières qui devront remplacer les sources traditionnelles que nous épuisons dès maintenant.

Le paradoxe d'une pénurie effective au sein de l'abondance potentielle découle des longs délais nécessaires pour la mise en œuvre de nouvelles ressources énergétiques et la modification structurelle de la consommation. La mise en place de nouveaux réseaux de transport et de nouveaux équipements d'exploitation prend du temps, tout comme le développement de nouvelles technologies énergétiques et la modification des habitudes du consommateur. Pour supprimer ce paradoxe, il nous faut entreprendre, dès à présent, des activités qui nous permettront de transformer cette abondance potentielle en réalité.

La résolution des problèmes immédiats qui se présentent à nous, et des nombreux problèmes qui se présenteront à l'horizon 1980, dépend beaucoup plus des décisions politiques que des résultats de l'effort de R & D. Elle nécessite une action rapide des autorités gouvernementales et des industries du secteur énergétique, afin de découvrir et de mettre en œuvre des ressources traditionnelles, et de les transporter aux utilisateurs; et ceux-ci devront constamment s'efforcer d'éviter le gaspillage

énergétique. Il faut cependant remarquer que seul l'effort de R & D permettra la mise en exploitation des ressources dont nous dépendrons à longue échéance. Les paradoxes que nous avons soulignés se maintiendraient si nous n'accomplissions pas un grand effort technique, et nous aurions à faire face à une série de crises énergétiques.

Dans le présent Rapport, nous nous efforcerons de discerner les options énergétiques accessibles à notre pays, d'étoffer les dossiers en faveur d'un effort de R & D qui permettrait de maintenir la validité de ces options, et d'esquisser l'organisation de cet effort. Nous nous occuperons tant des problèmes de la fourniture d'énergie que de sa consommation. Nous soulignerons, dans tout le Rapport, que l'effort de R & D énergétique ne doit pas se poursuivre isolément, mais qu'il faut le faire cadrer étroitement avec la politique énergétique canadienne à long terme, et que celle-ci doit être une politique nationale tenant compte tant des intérêts du gouvernement fédéral que des aspirations des gouvernements provinciaux.

Jusqu'à présent, les nations industrielles élaborant leurs politiques énergétiques ont souvent placé l'accent sur la croissance de la fourniture d'énergie, et n'ont guère considéré la réduction possible de la consommation. On examine actuellement cette autre possibilité, et on se rend bien compte qu'il faut accorder à long terme beaucoup plus d'attention au ralentissement de la croissance de la consommation. Dans le présent Rapport, nous étudierons en quelque détail quelles sont les actions que le Conseil des sciences du Canada estime recommandables, tant du côté de la consommation que du côté de la fourniture d'énergie.

L'activité de R & D n'est pas simple: elle associe de façon complexe les efforts du secteur public, du secteur industriel et du secteur universitaire en matière de recherche pure et d'application des résultats à la résolution des problèmes sociaux et techniques. Disons qu'en gros l'effort de R & D énergétique vise à l'acquisition des connaissances scientifiques et techniques nécessaires pour l'élaboration d'une politique énergétique et pour la réalisation de ses objectifs. On suppose que ces derniers existent, qu'ils sont clairement délimités, et qu'on peut organiser l'effort de R & D en conséquence. Malheureusement, ce n'est pas actuellement le cas. Au contraire, la politique énergétique repose souvent sur des bases implicites: on ne recherche pas systématiquement les options possibles, et on n'évalue pas toujours leurs répercussions. En conséquence, l'effort de R & D est souvent orienté par sa dynamique propre, et par l'action d'organismes bien assis, des intérêts en place et des personnalités dominantes. Bien qu'il soit malaisé de délimiter explicitement les objectifs d'une politique énergétique, disons que l'effort de R & D doit viser à supprimer les restrictions techniques gênant l'accès des Canadiens à leurs richesses naturelles. Dans cette perspective, on peut considérer les crédits à la R & D comme des primes d'assurance pour la sécurité future de nos approvisionnements énergétiques.

Il est évident que notre pays ne peut mettre au point simultanément toutes les options concevables. En outre, cet effort n'est pas nécessaire.

La mise en œuvre d'une richesse naturelle, et la mise au point d'une technologie constituent une étape finale; celle-là suit un certain nombre d'autres étapes, au cours desquelles se déroulent les efforts de recherche préliminaire, de conception de l'usine pilote et de son exploitation. Les capitaux engagés croissent fortement, au fur et à mesure qu'on passe du premier stade de la mise en œuvre au dernier, de même que le personnel qui y est occupé. Ainsi donc, il faudrait que le programme de R & D énergétique du Canada ait une ampleur aussi grande que possible au stade préliminaire et à ceux où les travaux ne sont pas encore coûteux; mais il devrait être très sélectif au moment de donner son plein développement à une option techniquement prometteuse. Grâce à cette stratégie, notre pays pourrait se permettre de choisir les options qui paraîtraient le mieux lui convenir, en fonction des conditions économiques et sociales du moment considéré; il ne serait pas poussé, par la méconnaissance collective, à choisir une option qui ne serait que la deuxième ou la troisième dans l'ordre préférentiel. Au cours des étapes préliminaires de ce processus décisionnel, nous nous engagerions parfois dans des impasses. Mais le coût de ces erreurs serait petit par rapport à celui de l'abandon d'une importante source énergétique nouvelle.

Soulignons qu'il n'est pas indispensable que l'effort de développement technique soit réalisé au Canada même. Il est souvent possible d'acheter des licences à l'étranger; cette méthode est parfois préférable et plus économique, particulièrement s'il s'agit d'un savoir-faire technique que nous ne considérons pas comme indispensable à la satisfaction des besoins énergétiques futurs du Canada. Cette méthode nécessite bien entendu que la communauté des technologues et le secteur industriel se rendent compte de ce qu'ils acquièrent, et soient en mesure de l'utiliser. L'achat de licences à l'étranger nécessite l'existence d'un potentiel canadien de développement technique ultérieur, afin d'adapter le savoir-faire technique aux conditions particulières au Canada, et de conserver des possibilités futures d'exportation.

L'effort de R & D énergétique ne doit pas se réaliser isolément, car il doit tenir compte des possibilités et des pressions sociales et économiques qui se manifestent, non seulement au Canada, mais aussi dans le monde entier. C'est pourquoi nous ne pouvons évaluer la pertinence de l'effort de R & D énergétique que par un examen de nos ressources et des besoins éventuels. En outre, le fait d'étudier les projections d'approvisionnement et de consommation énergétiques et d'élaborer une stratégie de la R & D influenceront la structure future de l'approvisionnement énergétique et le niveau de la consommation. Par exemple, l'accent donné à la filière électronucléaire stimulerait inévitablement la mise en place d'une société « tout à l'électricité », alors que la gazéification du charbon et la synthèse des hydrocarbures prolongeraient l'ère pétrolière. Comme nous le montrerons, l'élaboration d'une politique de la R & D énergétique nécessite la prise de décisions en matière d'approvisionnement énergétique à long terme du Canada; ces décisions ne devront pas se baser simplement sur des considérations d'approvisionnement et de

consommation, mais elles auront également à tenir compte de l'emploi, et d'autres facteurs sociaux et d'environnement. En outre, les critères décisionnels peuvent évoluer au cours du temps, et il est possible que nous ayons à nous écarter d'une chemin prévu. Il faut que nous utilisions un mécanisme souple qui détecterait l'apparition d'une nouvelle situation et permettrait d'y répondre.

De difficiles questions se posent si l'on cherche à prévoir la nature du secteur énergétique qu'il nous faut mettre en place pour le siècle prochain. Bien que le Conseil des sciences ne préconise pas de solutions étayées par une planification rigide, il se rend bien compte que le gouvernement a tendance à réagir plutôt qu'à prévenir. L'Acte de l'Amérique du Nord britannique est partiellement responsable de cette absence apparente de politique anticipatrice. Il semble que le moment soit venu de modifier notre méthode d'élaboration de la politique énergétique nationale; le présent Rapport accorde quelque attention à ce problème sérieux, et trace les grandes lignes d'une solution que les gouvernements fédéral et provinciaux pourraient prendre en considération.

Voici les thèmes que le Conseil des sciences estime valables pour l'élaboration d'une politique énergétique nationale à long terme, qui tienne compte sérieusement des besoins en R & D: Il nous faut graduellement desserrer notre dépendance à l'égard des ressources énergétiques épuisables, pour nous appuyer sur des ressources pratiquement inépuisables*, de même qu'il nous faut freiner une croissance de la consommation traditionnellement rapide, et abandonner les utilisations et les méthodes endommageant le milieu ambiant, pour en choisir de moins nuisibles. Cette évolution doit se réaliser dans un cadre de passage aisé d'une filière énergétique† à l'autre. Il faut que l'utilisation domiciliaire et commerciale de l'énergie, de même que son emploi dans les transports et l'industrie soient assurés en tous temps, même si les formes sous lesquelles elle est fournie n'est pas celle préférée par certains utilisateurs. Il sera important de tenir compte des différences entre les régions: par exemple, si la filière électronucléaire est l'option logique pour l'Ontario, il se peut qu'elle ne le soit pas en même temps pour l'Alberta. Il faudra prendre des initiatives pour assurer la sécurité des approvisionnements énergétiques, et l'inaction serait une attitude inacceptable. Il est possible de bénéficier d'une plus grande latitude d'action, en ouvrant par exemple l'éventail des filières énergétiques, grâce à un effort de R & D, à une stratégie de diversification des sources d'approvisionnement à l'étranger sans trop allonger nos voies de ravitaillement, et à l'accroissement de notre potentiel technique, qui nous permet de remplacer une filière énergétique par l'autre.

Un autre facteur infléchira la politique énergétique canadienne, et

* L'expression « ressources énergétiques pratiquement inépuisables », telle qu'on l'utilise dans le présent Rapport, embrasse non seulement l'énergie solaire et la houille blanche pour lesquelles elle a valeur littérale, mais aussi les ressources énergétiques qui ne sont épuisables qu'à extrêmement longue échéance, telles que l'uranium et le thorium.

† Ensemble de la ressource et des moyens d'exploitation, de transport et d'utilisation.

en conséquence les programmes de R & D énergétique: Il s'agit du rôle international du Canada.

Notre pays dispose d'une gamme de richesses énergétiques abondantes, sans pareille dans le monde. Le simple fait, reconnu par le présent Rapport, et selon lequel notre pays a pour préoccupation principale de déterminer la nature la plus avantageuse de son futur équipement énergétique, montre bien la situation privilégiée où il se trouve. Il ne la partage qu'avec bien peu d'autres pays. La plupart des nations n'ont guère le choix, et rencontreront des difficultés croissantes pour satisfaire des besoins énergétiques substantiels. Cette richesse énergétique de notre pays, dans un monde où la pénurie se manifeste, lui pose des problèmes et lui ouvre des possibilités.

M. Maurice Strong a précisé sans ménagement les problèmes, quand il a dit:

«... Les Canadiens devront peut-être défendre, par devant la communauté internationale, leurs droits permanents de souveraineté sur une part disproportionnée des terres et des ressources mondiales. Tout comme les besoins et les intérêts de la collectivité nationale nous ont obligés dans le passé à modifier nos idées sur la propriété privée afin de permettre les interventions, les contrôles et même les expropriations effectués dans l'intérêt public, la pression croissante de la population mondiale sur des ressources peu abondantes poseront les mêmes questions sur le plan international. Il se peut même que ces questions soient posées bien avant que la plupart des Canadiens ne le pensent, et très probablement par nos meilleurs amis »*.

C'est pourquoi nous croyons qu'il nous faut surtout nous préoccuper des difficultés des pays du Tiers-Monde pauvres en ressources énergétiques, plutôt que de celles des nations industrialisées qui consomment déjà une part disproportionnée des ressources énergétiques de la Terre.

Par contre, on discerne en général beaucoup mieux les possibilités qui sont ouvertes. Les richesses énergétiques du Canada peuvent être comparées au patrimoine hérité par le fils d'un milliardaire. Il peut soit gaspiller son argent avec la suffisance d'un oisif, le mettre à l'abri des convoitises du percepteur, ou l'employer à son propre avantage et à celui de la collectivité. Bien entendu, c'est cette dernière voie que le Canada doit suivre dans l'utilisation de son patrimoine énergétique.

La collectivité des nations ne tolérerait pas que notre pays veuille le thésauriser; de même, le Canada ne peut accepter de distribuer ses richesses énergétiques au reste du monde, sans en obtenir une meilleure contrepartie que par le passé. Nous pourrions par exemple exporter des produits pétrolochimiques au lieu de gaz naturel, des produits agricoles au lieu de pétrole, de l'électricité et des centrales électronucléaires au

* « *Canada in a Planetary Society* ». Allocution de M. Maurice Strong au *Men's Canadian Club of Ottawa*, le 12 février 1974.

lieu d'uranium, et ce changement de nos exportations traditionnelles bénéficierait tant à notre pays qu'au monde extérieur.

En résumé, nous concluons de notre raisonnement qu'il est indispensable que notre pays élabore une politique énergétique nationale à long terme, dont une politique de la R & D serait un élément capital, et qu'il devrait prendre dès maintenant les mesures nécessaires pour lancer des programmes de R & D dans des voies très diverses. Les délais de mise en œuvre de nouvelles techniques peuvent atteindre et dépasser la dizaine d'années, et un délai encore plus long s'écoulera avant que ces techniques modifient notablement le bilan énergétique. L'approvisionnement en énergie de notre collectivité subira de considérables modifications au cours des cinquante prochaines années. Nous pourrions envisager cette période de transition avec sérénité, si nous avons la sagesse de prendre les initiatives nécessaires dès maintenant.

II. Les tendances actuelles

Les Canadiens laissent trop souvent les difficultés énergétiques des autres nations obscurcir leurs propres perspectives. La situation du Canada est presque celle d'un embarras de richesses, si on la compare à celle des autres nations occidentales. Non seulement notre pays a-t-il suffisance de toutes les ressources énergétiques de base, mais encore dispose-t-il de quantités dépassant largement les besoins prévisibles pour certaines d'entre elles. Cependant, ces ressources ne sont souvent que possibles, et non certaines, ou bien ne sont-elles pas aisément exploitables avec les techniques actuelles, dans les conditions économiques que nous connaissons.

En dépit du remarquable ensemble de ressources énergétiques à la disposition du Canada, notre pays pourrait faire des erreurs impardonnables: Il pourrait les épuiser imprudemment et rapidement, plutôt que de les exploiter rationnellement. Quelques générations de Canadiens pourraient vivre une vie confortable, en épuisant les richesses du pays, sans que les désavantagés du Canada et de l'étranger en tirent une amélioration de leur niveau de vie. De même, nous pourrions mettre en œuvre nos ressources à l'avantage d'autres pays, en négligeant de les utiliser pour la diversification de l'économie canadienne. L'absence actuelle de politique énergétique précise pourrait entraîner de telles conséquences.

Les éléments épars d'une politique énergétique canadienne, tout comme ceux des politiques des pays étrangers, ont été mis sur pied en fonction de considérations à court et à moyen termes. Cette orientation se comprend: Il faut satisfaire les besoins énergétiques actuels, et prendre des mesures indispensables pour l'approvisionnement énergétique à l'horizon 1980, et pour la période ultérieure. Cependant, cette perspective à court terme offre certains dangers, telle l'absence de latitude d'action à long terme, car on considère trop souvent les conditions futures comme une simple extension des conditions actuelles. On prend pour acquis que les utilisateurs du pétrole, du gaz, du charbon et de l'électricité continueront dans l'avenir à les employer. Cette façon de penser pose à long terme de nombreux pièges. Il est vrai que notre pays a énormément investi dans ses services publics, ses usines, ses appareils électrodomestiques, ses moyens de transport, ses installations de chauffage de locaux, etc., et que ces installations nécessitent des combustibles spéciaux ou des formes particulières d'énergie; cependant, il est probable que la structure de l'approvisionnement, sous ses formes primaires et secondaires, changera notablement à long terme.

Le présent Rapport mettra surtout l'accent sur les perspectives à long terme. Nous soulignons que l'étude de cette perspective ne constitue nullement un exercice de rhétorique. Au contraire, nous savons que notre économie énergétique sera tout à fait différente dans l'avenir de ce qu'elle est actuellement, et il faut que notre pays entreprenne délibérément de jeter dès à présent les bases qui lui permettront à l'avenir de choisir ses options en toute liberté. Il faut que nos spécialistes évaluent les avantages de chacune, et accomplissent l'effort de R & D nécessaire

pour effectuer ce choix judicieusement, quand il deviendra opportun. Nous soulignons que les techniques découlant des connaissances scientifiques actuelles nécessitent de longs délais pour leur mise en œuvre dans le secteur énergétique. La longueur de ces délais, qui atteignent plusieurs décennies, devrait tirer le Canada d'une torpeur satisfaite causée par l'ampleur présumée de ses ressources énergétiques.

Avant d'évaluer les perspectives énergétiques de l'avenir, nous examinerons brièvement la situation actuelle et nous esquisserons les tendances générales de l'approvisionnement et de la consommation énergétiques.

L'approvisionnement énergétique actuel

Au cours des dernières décennies, la consommation canadienne d'énergie sous forme primaire s'est accrue annuellement de 4,3 pour cent. Peu après 1950, de nombreux utilisateurs ont abandonné le charbon pour utiliser les produits pétroliers et le gaz, tandis que la part de la houille blanche (énergie hydroélectrique) restait constante. Actuellement, les filières pétrolière et gazière pourvoient aux deux tiers environ de la consommation d'énergie primaire, alors que la houille blanche pourvoit au quart, le charbon au dixième, et l'énergie électronucléaire au centième, de même que le bois; l'utilisation de ce dernier décline, alors que la précédente se développe rapidement.

Les produits pétroliers

Le pétrole et le gaz naturel, qui sont des ressources épuisables destinées à se raréfier et à coûter de plus en plus cher, ont été les sources énergétiques principales de l'Occident pendant les dernières décennies.

De nombreux experts de l'industrie et du secteur public ont fait l'évaluation des réserves pétrolières certaines du Canada. Leurs rapports indiquent que la production pétrolière tirée de ces réserves certaines diminuera au cours des prochaines années. Même si l'on choisit l'hypothèse d'une progression linéaire de la consommation (plutôt que la croissance exponentielle prévue d'habitude), on peut prévoir qu'aux alentours de 1985 le Canada extraira moins de pétrole qu'il n'en consomme, et que le déficit à combler pourrait atteindre un million de barils par jour. En évaluant à 10 \$ le prix du baril, on calcule que le déficit commercial résultant de cette importation atteindrait presque quatre milliards de \$ par année; de plus, ce montant continuerait à croître.

Voici comment nous concevons les problèmes à venir:

Tout d'abord, nous utilisons actuellement plus d'énergie que nous ne découvrons de ressources. On prévoit que la consommation d'énergie continuera à croître. Les investissements de l'industrie pétrolière dans l'effort de prospection sont insuffisants pour lui permettre de satisfaire les besoins énergétiques croissants du pays. De plus, les sociétés pétrolière appartenant à l'État ne sont pas équipées pour mener à bien un programme accéléré de recherche pétrolière et de mise en exploitation

qui permettrait de compenser les insuffisances de l'activité des firmes du secteur privé.

Deuxièmement, il faut remarquer que la recherche et l'évaluation des gisements pétroliers est une activité bien différente de l'exploitation effective. On doit faire une distinction nette entre l'existence de réserves et leur exploitation. Il faut du temps, de l'argent et du savoir-faire technique pour trouver et délimiter de nouveaux gisements, mais il faut un délai encore plus long pour mettre au point une infrastructure de production, de transport et de distribution de l'énergie. Et il est encore plus difficile de mettre sur pied des moyens de production reliés aux consommateurs dans un climat brutal ou dans le milieu marin, de même que dans le cadre de contraintes juridiques et financières et de pénuries de main-d'œuvre, d'équipement et de matériaux. Toute tentative d'équilibrer approvisionnement et consommation énergétique en étalant l'exploitation des ressources nous montrerait, comme cela s'est passé dans bien d'autres pays, qu'il faut de longs délais pour modifier la structure de la consommation, qu'on la recherche par des mesures d'épargne de l'énergie, ou par le remplacement d'un combustible par un autre.

Troisièmement, si l'on estime que la mise en œuvre de nouvelles ressources traditionnelles ou l'évolution structurelle de la consommation se produisent lentement, on trouvera que le développement et la mise en œuvre des nouvelles techniques sont encore plus lents. Alors que la mise en exploitation d'un champ pétrolifère et son raccordement avec les régions de consommation peut prendre jusqu'à dix ans, de vingt-cinq à trente-cinq années, ou même plus, s'écouleront avant que la collectivité ne commence à bénéficier de la mise en œuvre d'une nouvelle technologie énergétique. C'est pourquoi nous n'avons guère de choix pour remédier aux pénuries prévues pour l'horizon 1980.

Il existe deux ressources dont l'exploitation pourrait éclaircir ce tableau, après l'horizon 1985: les réserves pétrolières excentriques (*frontier oil*) et les sables bitumineux.

L'industrie pétrolière espère commercialiser le pétrole des régions arctiques et du littoral atlantique aux environs de 1985. La mise en exploitation réussie de ces ressources remédierait certainement aux pénuries, pour un certain temps. En effet, si l'on divise le total des réserves récupérables des champs pétrolifères exploités au Canada par le taux d'extraction annuel, on trouve qu'elles seront épuisées dans quatorze ans seulement. On a fait des évaluations très diverses des réserves pétrolières récupérables dans nos régions excentriques, à cause des incertitudes existant au sujet de la taille des gisements, des possibilités de raccordement par oléoducs, des coûts à la production et de plusieurs autres facteurs. À la lumière de l'absence de réserves certaines et des prévisions d'exploitation très coûteuse, même sur les bases actuelles, on voit qu'il est fort optimiste d'évaluer les réserves éventuelles à quatre ou cinq fois les réserves pétrolières encore récupérables dans les champs pétrolifères exploités du Canada, lesquelles atteignent de 35 à 40 milliards de barils. Même si l'on choisit des prévisions optimistes, il appa-

raît clairement que le pétrole brut canadien occupera de moins en moins de place dans la panoplie énergétique du Canada. Les méthodes de récupération secondaire et tertiaire permettraient d'accroître la production (si le prix unitaire du pétrole croissait), mais il semble peu probable que ces réserves supplémentaires contribuent notablement à la satisfaction des besoins à long terme.

L'extraction du pétrole des sables bitumineux de l'Ouest canadien pourrait-elle changer ce tableau à court terme? Il est évident qu'on pourrait extraire de ces sables des hydrocarbures en quantités dépassant les projections de la consommation canadienne au cours du cadre chronologique considéré, mais il faudrait surmonter de nombreuses difficultés pour approvisionner suffisamment les utilisateurs des décennies qui viennent avec ces hydrocarbures. Leur exploitation grâce aux techniques actuelles nécessite des capitaux immenses. Chaque unité de production de 125 000 barils par jour exigera l'investissement d'un milliard de \$. Ainsi, pour produire 1,5 million de barils par jour à partir des sables bitumineux vers 1990, il faudrait consentir à une immobilisation dépassant 12 milliards de \$, en supposant qu'on disposera de la main-d'œuvre nécessaire. Comme notre étude le montrera, ni les capitaux, ni la main-d'œuvre ne seront peut-être disponibles. De plus, il faudrait tenir compte des problèmes non résolus de pollution de l'air et des cours d'eau, et des répercussions sociales de l'entreprise.

L'ampleur des réserves possibles peut aisément égarer l'observateur; il pourrait confondre ampleur des réserves avec facilité de mise en exploitation. Il est presque certain qu'ultérieurement les sables bitumineux permettront de produire de grandes quantités d'hydrocarbures pour les Canadiens, mais guère avant l'horizon 1990. On pourrait peut-être accroître graduellement la production jusqu'à un ou deux millions de barils par jour, et elle contribuerait largement à l'approvisionnement énergétique de notre pays.

Cinq facteurs principaux détermineront l'importance de la filière pétrolière dans la panoplie énergétique du Canada. Premièrement, il est indiscutable que le pétrole, une richesse épuisable, deviendra de moins en moins abondant et de plus en plus coûteux, et que la rapidité de cette évolution aura une influence déterminante sur celle de notre secteur énergétique. Deuxièmement, il est actuellement malaisé de découvrir des combustibles ou des matières premières pouvant remplacer économiquement les produits pétroliers pour un certain nombre d'utilisations finales. Troisièmement, l'ampleur des découvertes ou des réserves pétrolières dans les régions excentriques, et la rapidité de leur mise en exploitation, constituent deux paramètres déterminant l'approvisionnement futur. Quatrièmement, on doit prendre en considération les délais de mise en exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca. Actuellement, on ne sait guère ce qu'ils seront. Cinquièmement, il est impossible de prévoir avec certitude l'évolution mondiale des prix du pétrole. Certains estiment que nous pourrions nous procurer des quantités suffisantes de pétrole aux prix qui régnaient avant 1973, alors que d'autres estiment

que le baril de pétrole coûtera vingt dollars au cours de la prochaine décennie.

Les incertitudes de l'évolution de tous ces facteurs incitent à écarter une politique énergétique qui rendrait le Canada plus dépendant des approvisionnements pétroliers. Il semble qu'une ligne de conduite plus judicieuse serait de remplacer prudemment et graduellement la filière pétrolière par d'autres filières énergétiques, d'accroître l'efficacité de l'utilisation des ressources, et de diminuer les exportations.

Le gaz naturel

Le gaz naturel constitue environ 19 pour cent des ressources énergétiques primaires du Canada. Notre pays exporte environ 1 000 milliards de pieds cubes (28 km^3) de gaz annuellement, et en utilise environ 37 km^3 pour ses besoins.

Les réserves de gaz naturel du Canada méridional sont d'ampleur limitée; celles qui sont certaines atteignent environ $1\,500 \text{ km}^3$; comme l'extraction annuelle est de 65 km^3 , elles sont insuffisantes pour satisfaire à long terme une consommation croissante. Cependant, contrairement à la prospection pétrolière, la recherche gazière dans les régions excentriques a déjà permis de délimiter d'importants gisements dans l'Arctique et au large de la côte du Labrador. Ces réserves vont permettre de tripler les réserves exploitables au prix actuel.

Le volume des réserves augmente au fur et à mesure que croît le prix du gaz naturel. Si le prix du gaz à la tête du puits passait, par exemple, d'environ 40 cents par mille pieds cubes ($28,3 \text{ m}^3$) jusqu'à deux dollars, les réserves de gaz des régions excentriques seraient multipliées par cinq, et passeraient de $3\,000 \text{ km}^3$ à $15\,000 \text{ km}^3$. Cependant, cet accroissement porterait plus sur la durée de vie des gisements que sur la quantité de gaz livrée à la consommation, au moins à court terme.

Les facteurs régissant l'approvisionnement en gaz naturel et son utilisation ressemblent à ceux qui agissent dans le cas du pétrole. L'activité de recherche, l'ampleur des réserves, l'influence du prix sur la consommation, l'éloignement des zones consommatrices, la stratégie d'exportation et l'existence ou (dans certains cas cruciaux) l'absence des moyens de transport et de réseaux de distribution orientent de concert l'utilisation actuelle et future du gaz naturel au Canada.

Le charbon

L'extraction annuelle de charbon canadien a atteint un maximum d'environ 20 millions de tonnes en 1972. On estime que les gisements de charbon commercialement exploitables au sud du 60° parallèle dépassent 100 milliards de tonnes; 98 pour cent de ces réserves gisent en Saskatchewan, en Alberta et en Colombie-Britannique. Si l'on compare le taux d'extraction annuel aux réserves, on voit que celles-ci pourraient durer pendant 500 années. Cette durée dépasserait plusieurs milliers d'années si l'on calculait les réserves moins strictement, en tenant compte des considérations géologiques, mais non des facteurs économiques.

Ainsi donc, les réserves de charbon du Canada ne sont pas illimitées, mais elles sont fort grandes. Son utilisation se ranime quelque peu, bien qu'il ne fournisse que 10 pour cent de notre approvisionnement en énergie primaire.

En Saskatchewan et en Alberta l'extraction à ciel ouvert des lignites bruns (*lignite*) et des lignites noirs (*sub-bituminous coal*) approvisionne les centrales thermiques qui se multiplient dans les provinces des Prairies. Ces exploitations minières ont une forte productivité et de grandes possibilités d'expansion. Leur production actuelle atteint 7 millions de tonnes, et elle doublera presque au cours de la prochaine décennie. Il est probable que les usines de gazéification utiliseront le lignite brun et le lignite noir des Prairies, de faible coût, quand la filière des gaz de synthèse deviendra économique. Actuellement, il n'existe au Canada aucune entreprise de gazéification ou d'hydrogénation du charbon; cependant, une société gazière a fait savoir qu'elle mettrait en œuvre ces techniques au Canada. Les gisements charbonniers des Montagnes Rocheuses, en Alberta et en Colombie-Britannique, donnent des charbons cokéfiabiles, dont la production s'est accrue depuis 1967. Actuellement, elle atteint 10 millions de tonnes par an; on estime qu'elle s'accroîtra encore à l'avenir, et qu'elle atteindra peut-être de 20 à 30 millions de tonnes annuellement à l'horizon 1985. La plus grande partie de ce charbon est exportée vers le Japon; la croissance future de l'extraction dépendra de l'ouverture d'autres débouchés valables à l'étranger, ou de l'application d'un barème économique de transport du charbon au Canada.

Dans le centre et l'Est du Canada, le charbon de chaufferie livre concurrence au mazout, au gaz naturel, à l'uranium et à la houille blanche pour la production d'électricité. C'est pourquoi son prix rendu à pied d'œuvre est un facteur déterminant; sa teneur en soufre est un critère important pour la protection de l'environnement. Les coûts élevés du transport du charbon de l'Ouest canadien le rendent moins économique que le charbon importé des gisements plus rapprochés des États-Unis. On en importe environ 17 millions de tonnes chaque année. De cette quantité, environ 10 millions de tonnes sont utilisées dans les centrales thermiques de l'*Ontario Hydro Commission*, et le reste sert à l'industrie sidérurgique. Comme dans le cas des approvisionnements pétroliers, les insuffisances des moyens de transport diminuent la sécurité de notre approvisionnement charbonnier. Il est nécessaire de disposer d'un réseau de transport aux barèmes modiques pour transporter le charbon des gisements potentiellement très productifs de l'Ouest canadien vers les zones de consommation en pleine expansion de l'Est canadien. De nombreux facteurs techniques, sociaux, économiques et d'environnement, que nous examinerons plus loin, détermineront les futures possibilités d'emploi du charbon dans les centrales thermiques et le maintien de sa position actuelle.

La houille blanche

Une autre forme d'énergie primaire, l'énergie hydroélectrique, a toujours eu beaucoup d'importance au Canada: le Canadien moyen est le deuxième consommateur d'électricité au monde. La puissance installée de nos aménagements hydroélectriques dépasse 34 000 MW, soit environ 63 pour cent de notre puissance installée totale. La houille blanche constitue environ 23 pour cent de l'approvisionnement en énergie primaire du Canada.

L'aménagement éventuel de l'énergie hydraulique sauvage (non aménagée) pourrait multiplier par 2,5 la puissance installée actuelle, mais les emplacements non équipés du Labrador, du Québec, du Manitoba et du Yukon sont fort éloignés des régions de desserte. En raison du coût de transport élevé de l'énergie et des fortes pertes en ligne, lesquelles peuvent atteindre 10 pour cent de l'énergie produite, la houille blanche fait face à une concurrence très forte des centrales thermiques, qui peuvent être implantées près du lieu de desserte. De même, les centrales électronucléaires apparaissent comme des concurrents dynamiques.

C'est le taux de croissance de la consommation d'électricité, et le consentement public à la submersion des vallées qui déterminera le développement éventuel de la houille blanche au Canada. Les aménagements hydroélectriques, tout comme les autres actions d'importance, devraient toujours faire l'objet d'une prospective d'environnement officielle, avant toute prise de position. Cependant, la récente flambée des prix du pétrole brut, la croissance de celui du gaz naturel et la régulation de son utilisation pourraient donner de l'attrait à des emplacements hydroélectriques fort éloignés, à condition qu'on développe largement les techniques de transport de l'énergie et qu'on suive des normes convenables de protection du milieu ambiant.

L'exportation d'énergie électrique canadienne vers les États-Unis ne touche qu'une faible partie de la production totale, mais elle a d'importantes conséquences. À court terme, les échanges d'énergie électrique, bien que de faible envergure, permettent une meilleure utilisation des centrales hydroélectriques. À long terme, l'exportation de fortes quantités d'énergie électrique pourrait faciliter l'aménagement précoce de certains emplacements à potentiel hydraulique; mais ces liens commerciaux pourraient créer certains problèmes à l'avenir, si l'on désirait mettre un terme aux exportations.

L'uranium

La production d'énergie électronucléaire au Canada n'est plus une possibilité en cours de réalisation, mais une réalité commerciale; l'approvisionnement en uranium, le combustible nucléaire actuel, en est un facteur de première importance.

Les réserves certaines d'uranium canadien sont d'envergure notable. La production actuelle, qui atteint environ 5 000 tonnes par an, représente huit fois la consommation intérieure; et pourtant l'exploitation minière ne fonctionne pas à plein. Sur le plan international, le marché

de l'uranium se remet d'une période de marasme, et l'industrie extractive voit s'ouvrir d'excellentes perspectives en matière de prospection, de mise en œuvre et d'exploitation, au fur et à mesure que les besoins mondiaux croissent. Cette croissance rapide, et attendue, de la consommation mondiale pourrait avoir comme conséquence l'augmentation du prix de l'uranium, laquelle fournirait un stimulant supplémentaire à l'activité de prospection et d'exploitation minière.

Dans l'état actuel de nos connaissances, les ressources uranifères certaines et probables du Canada permettant d'extraire du concentré d'oxyde d'uranium (U_3O_8) à un prix coûtant inférieur à quinze dollars la livre, pourraient atteindre le double de nos besoins propres jusqu'à l'an 2000. Le minerai qu'on pourrait extraire à un prix supérieur à quinze dollars est en quantité beaucoup plus grande; ceci nous donne une large sécurité, car le prix de revient de l'électricité produite par la filière CANDU ne dépend que fort peu du coût du combustible nucléaire. Le coût du transport de ce dernier n'est pas un facteur déterminant, contrairement à certains combustibles pondéreux comme le charbon, car son contenu énergétique est beaucoup plus élevé que celui des matériaux concurrents.

L'attitude du gouvernement canadien à l'égard des exportations d'uranium s'étaye actuellement de deux considérations: la nécessité de maintenir des réserves suffisantes pour satisfaire la consommation interne, et celle d'obtenir des garanties solides de l'acheteur, assurant que l'uranium canadien exporté ne servira qu'à des œuvres pacifiques. Le gouvernement fédéral a publié une série de lignes de conduite judicieuses en matière de réserves, et l'on croit qu'il s'occupe d'en élaborer au sujet des garanties.

La filière CANDU utilise l'uranium naturel, mais beaucoup d'autres filières électronucléaires utilisent de l'uranium enrichi, c'est-à-dire un uranium dont la teneur en isotope fissile U^{235} a été augmentée artificiellement. Les techniques actuelles d'enrichissement de l'uranium exigent d'énormes investissements et de grandes quantités d'électricité. Toute entreprise d'enrichissement de l'uranium au Canada (deux groupes industriels étudient cette possibilité) devrait s'appuyer sur les débouchés à l'exportation, et elle compliquerait la mise en œuvre graduelle des très grandes entreprises énergétiques dont nous traiterons dans le prochain chapitre.

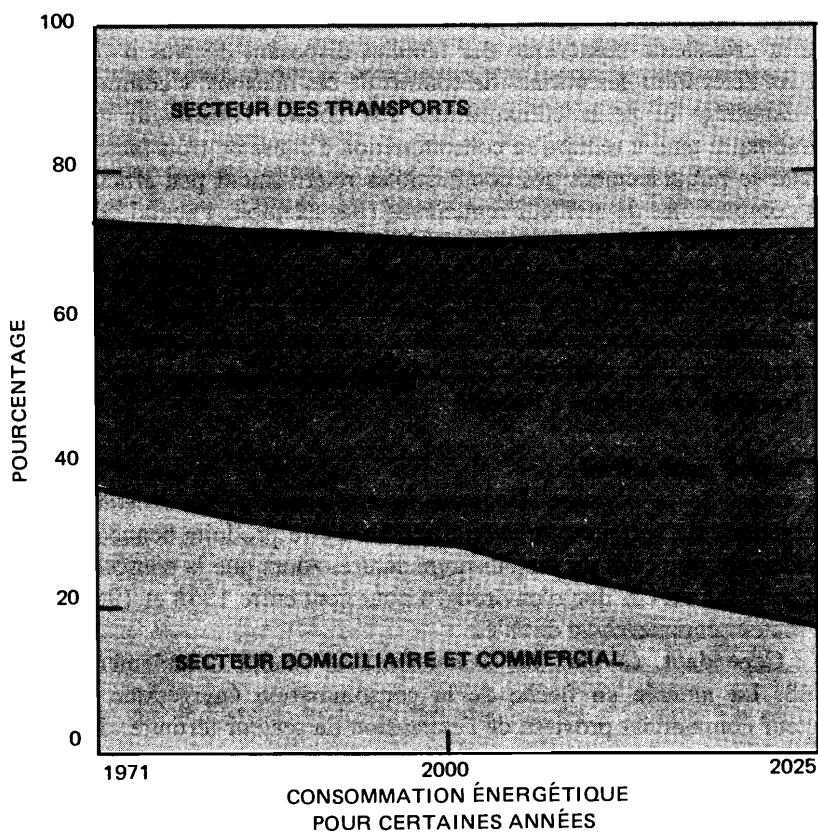
L'utilisation actuelle de l'énergie

Les principaux appels d'énergie proviennent des ménages, du commerce, de l'industrie et des transports. Les formes d'énergie utilisées pour satisfaire les besoins diffèrent selon les régions du Canada, et selon les périodes considérées. L'utilisation d'une forme d'énergie particulière dépend des coûts respectifs des différentes filières énergétiques, de l'infrastructure en place, de l'aisance d'utilisation, des habitudes et d'autres facteurs. Le Tableau I présente une vue synoptique des principaux secteurs de consommation, et illustre notre dépendance accablante à l'égard

Tableau I – Caractéristiques des divers secteurs de consommation

	Domestique	Commercial	Transports	Industriel
Pourcentage de la consommation énergétique totale	25%	15%	25%	~35%
Utilisation principale	80% pour le chauffage domestique et le chauffage de l'eau	divers	~ 99% pour le fonctionnement des moteurs à combustion interne	50% dans 3 industries (pâtes et papiers, ind. chimique, sidérurgie)
Sources énergétiques principales	mazout et gaz ~80% électricité ~20%	produits pétroliers et gaz: ~75% électricité: ~25%	carburants pétroliers ~99%	toutes les grandes formes d'énergie – répartition selon l'industrie: charbon 12,7% produits pétroliers 28,7% gaz 34,6% électricité 24,0% Total 100%
Croissance au cours de la période indiquée	(1959–1968) 10%	(1959–1968) 103% (la croissance s'est ralentie après 1968)	(1958–1969) 156%	(1958–1959) 177%
Tendances actuelles	vers une plus grande utilisation de l'électricité; mise en œuvre du chauffage solaire vers la fin du siècle	taux de croissance dépendant de la croissance du secteur tertiaire	amélioration de l'efficacité des transports en commun et utilisation de plus petites automobiles	accroissement en flèche de l'utilisation du gaz naturel; large déclin de l'utilisation du charbon.

Figure n° 1 – Consommation énergétique pour certaines années



Source: Ces informations ont été tirées des chiffres contenus dans le rapport d'*Hedlin Menzies and Associates Limited*, « Energy Scenarios for the Future ». Rapport rédigé pour le Conseil des sciences du Canada, mai 1974.

des combustibles fossiles. La Figure n° 1 présente une extrapolation, jusqu'à l'an 2025, des parts respectives de chaque secteur de consommation dans le budget énergétique. Le secteur industriel absorbera une part prépondérante, dans l'hypothèse d'une poursuite de la politique de croissance économique actuelle.

Le secteur domiciliaire

La consommation énergétique du secteur domiciliaire est tiraillée entre deux tendances opposées. L'accroissement de la logeabilité du domicile familial moyen nécessite un apport d'énergie supplémentaire, de même que la croissance numérique des familles disposant de plus d'un domicile, et l'élévation des normes de confort de ces maisons, y compris celles du chauffage et de la climatisation. Par contre, l'utilisateur d'énergie domiciliaire tend à réduire sa consommation à cause de trois facteurs distincts: le remplacement des combustibles relativement peu efficaces par des combustibles de meilleur rendement (par exemple, l'abandon du bois et du charbon pour les produits pétroliers, et le remplacement de ceux-ci par le gaz naturel), l'extension du chauffage à l'électricité, et l'urbanisation croissante, laquelle remplace peu à peu le logement unifamilial par des unités en immeuble de location. Ces tendances opposées se sont contrebalancées au cours des dix dernières années, et il se pourrait que cet équilibre se continue à l'avenir.

Le secteur commercial

Au cours de la dernière décennie, la croissance de la consommation énergétique du secteur commercial semble s'être produite beaucoup plus rapidement que celle du secteur domiciliaire. Alors que la consommation domiciliaire n'a crû que d'environ 10 pour cent entre 1958 et 1968, celle du secteur commercial a doublé.

Pendant, ce taux de croissance s'est ralenti notablement après 1968. La montée en flèche de la consommation énergétique dans le secteur commercial provient de l'expansion du secteur tertiaire, de même que de l'augmentation notable de l'activité de construction commerciale au cours de la dernière décennie. Les produits pétroliers et le gaz satisfont actuellement environ les trois quarts des besoins énergétiques du secteur commercial; le reste est fourni sous forme d'électricité d'origine hydraulique.

Le secteur des transports

La caractéristique la plus frappante de la consommation énergétique du secteur des transports est sa dépendance quasi-complète à l'égard des produits pétroliers. Elle montre bien que nos transports dépendent totalement de l'approvisionnement en ressources épuisables.

L'extension des transports en commun procurerait de fortes économies énergétiques. Les trois paliers de gouvernement prennent actuellement des mesures pour redonner vie aux réseaux de transports en commun dans tout le pays. Cette action encourage le Conseil des sciences;

cependant, il est nécessaire que cet effort soit exercé en permanence pour atteindre le succès.

La réduction de la population agricole et du nombre des exploitations après 1940 a coïncidé avec une extension rapide de la mécanisation de l'agriculture. Actuellement, celle-ci est responsable d'environ le dixième de la consommation canadienne d'essence et de gazole (*diesel fuel oil*).

Le secteur industriel

La consommation énergétique de l'industrie a un aspect différent de celle des secteurs commercial, domiciliaire et des transports. Nous avons souligné précédemment que le secteur des transports consomme presque exclusivement des produits pétroliers, alors que les secteurs commercial et domiciliaire utilisent surtout le gaz et le mazout. Dans le secteur industriel, par contre, toutes les grandes formes d'énergie sont utilisées: le charbon, le gaz naturel, les produits pétroliers et l'électricité. Le Tableau II montre la répartition de la consommation d'énergie selon les

Tableau II – Répartition de la consommation d'énergie par branches industrielles en 1970, en pourcentages

	Charbon	Gaz naturel	Produits pétroliers	Ensemble des combust.	Électricité	Consom. totale
Pâtes et papiers, et produits voisins	15	12	17	16	23	20
Produits chimiques	11	17	26	21	10	16
Sidérurgie	45	7	5	17	6	12
Aliments et boissons	2	11	11	8	8	8
Extraction des métaux et affinage	8	6	3	5	8	6
Chaux et ciment	8	5	1	3	2	3
Autres produits industriels	1	8		3	4	3

Source: *Hedlin Menzies and Associates Limited*, « Energy Scenarios for the Future », Rapport rédigé pour le Conseil des sciences du Canada, mai 1974.

divers secteurs industriels et les différentes formes d'énergie. En outre, l'approvisionnement énergétique du secteur industriel est d'origine très diverses suivant les régions. Cette diversité découle de deux facteurs séparés: Premièrement, l'éventail des industries varie selon les régions et, deuxièmement, les ressources énergétiques font de même. Citons deux exemples: le charbon et le coke sont deux matériaux énergétiques importants pour l'Ontario, en raison de la situation prédominante de l'industrie sidérurgique dans cette province; les produits pétroliers sont la principale forme d'énergie de la région atlantique, qui n'a aucun approvisionnement de gaz naturel pour les remplacer.

Récapitulons les observations ci-dessus: Le secteur des transports dépend presque entièrement des produits pétroliers, et cette situation durera pendant un certain temps; les secteurs domiciliaire et commercial utilisent surtout le mazout et le gaz, mais ils se tournent de plus en plus vers l'électricité. Au contraire, les besoins industriels sont satisfaits par tout l'éventail des filières énergétiques. Il en résulte que le futur énergé-

tique du Canada est encourageant, car la plupart de la consommation énergétique peut être satisfaite grâce à des sources de remplacement (par exemple, la filière électronucléaire ou charbonnière) en cas de pénurie de pétrole ou de flambée de son prix.

Filières énergétiques de remplacement

Le public s'inquiète vivement par la nouvelle d'un risque de pénurie d'une forme particulière d'énergie, que ce soit le mazout, l'essence ou le gaz naturel. Cette inquiétude se comprend, si l'approvisionnement est réduit brutalement; mais l'appréhension est beaucoup moins fondée quand la réduction se produit graduellement, ou simplement s'il ne s'agit que de freiner la croissance de la consommation. La plupart des gens ne se rendent pas compte qu'il existe une grande latitude d'approvisionnement énergétique pour une utilisation particulière; par exemple, on peut chauffer les maisons grâce au bois, au charbon, au mazout, au gaz, à l'électricité et même par rayonnement solaire. Certaines de ces formes d'énergie sont plus efficaces que d'autres, certaines sont plus polluantes, d'autres nécessitent plus de main-d'œuvre, d'autres encore sont plus coûteuses ou moins avantageuses, mais toutes sont utilisables. En conséquence, on ne sait pas assez que les filières énergétiques actuelles ne sont pas les seules utilisables. De plus, si l'on considère tous les facteurs, on découvre qu'elles ne sont pas nécessairement les meilleures.

Le remplacement d'une filière énergétique par une autre n'est pas seulement probable, elle est inévitable. Le problème est de savoir si nous pouvons nous permettre d'attendre que cette évolution se produise toute seule, ou si nous devons chercher à la prévoir et à l'orienter. Les modifications effectuées dans une branche du secteur énergétique se feront sentir dans son ensemble. Une pénurie de pétrole ne signifie pas nécessairement une pénurie d'énergie. Par contre, elle peut provoquer un appel plus grand à une autre forme d'énergie. Il est indispensable de planifier de notre mieux ces remplacements pour obtenir les résultats optimaux, et cette question constituera le sujet du chapitre IV.

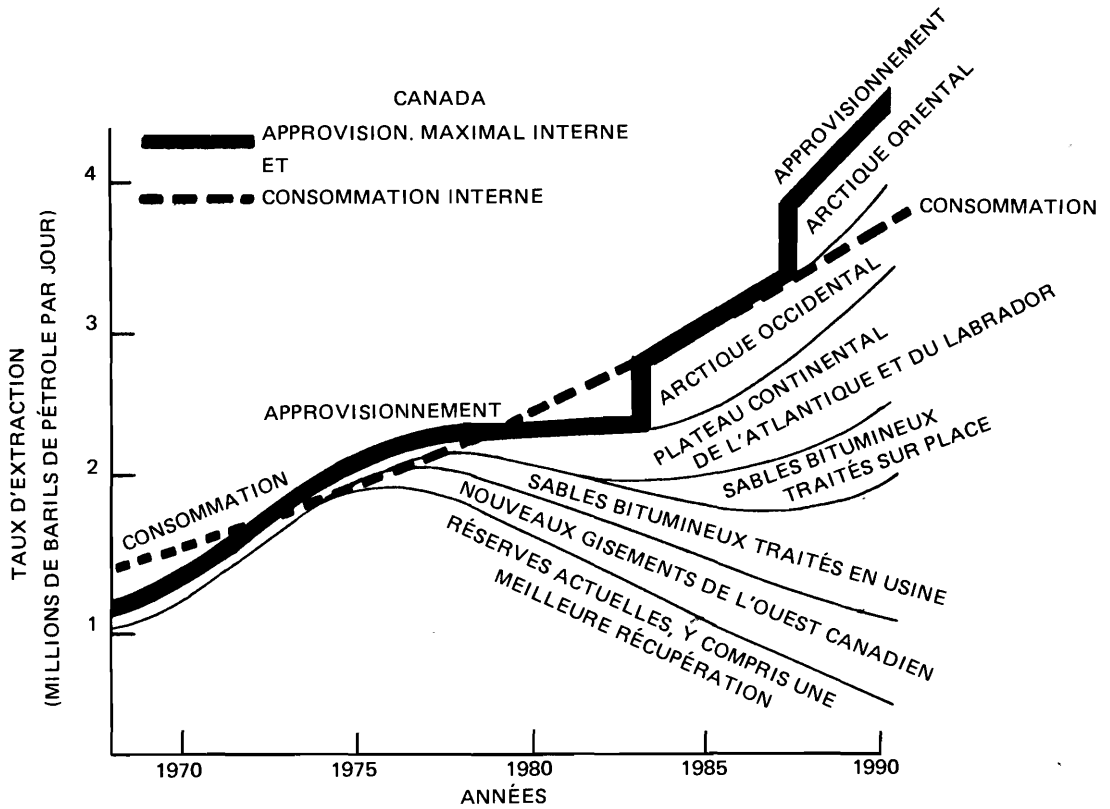
Récapitulation des préoccupations immédiates

Il existe quelques indices d'une pénurie d'énergie à moyen terme. Un approvisionnement insuffisant en pétrole canadien pourrait causer des difficultés un peu avant l'horizon 1990.

Nous reproduisons à la figure n° 2 une prospective maximale* des approvisionnements potentiels que toutes les sources d'hydrocarbures pourraient fournir au cours des quinze prochaines années, afin de concrétiser notre opinion sur l'approvisionnement pétrolier du Canada à court et à moyen termes. Cependant, en dépit de son parti-pris optimiste, cette prospective indique qu'il se produira un déficit d'hydrocarbures au cours des années 1980.

* *Diagramme tiré de: A.E. Pallister, « Energy for Tomorrow . . . and Beyond », allocution au Dixième congrès des mines et de la métallurgie du Commonwealth, le 3 septembre 1974 à Ottawa.

Figure n° 2 – Approvisionnement futur en hydrocarbures



Source: A.E. Pallister, « Energy for Tomorrow . . . and Beyond », allocation au Dixième congrès des sciences et de la métallurgie du Commonwealth, le 3 septembre 1974 à Ottawa.

Disons plus précisément que le diagramme montre l'importance, à moyen terme, de nombreuses nouvelles sources d'approvisionnement, car les réserves pétrolières actuelles de l'Ouest canadien perdront rapidement de leur importance.

Un simple coup d'œil au diagramme montre qu'il sera nécessaire d'entreprendre de nombreuses actions, presque toutes dans des régions inhospitalières, et sans certitude de succès commercial, afin de mettre en œuvre de nouveaux gisements d'hydrocarbures et d'éviter toute pénurie sérieuse. Même si cette manœuvre réussissait, la pénurie se produirait à l'horizon 1980 au cas où la consommation continuerait sa progression comme par le passé.

Il suffira pour bien décrire la situation, de citer les observations que suscitent les différents aspects du diagramme.

On peut réduire quelque peu la consommation de produits pétroliers grâce à certains efforts d'économie, que nous examinerons, mais à court terme cette réduction n'aurait pas beaucoup d'effet; par contre, nous pouvons faire des économies notables, à long terme, facilitant ainsi l'approvisionnement.

On ne peut guère s'attendre à des découvertes toutes nouvelles dans les régions pétrolières exploitées de l'Ouest canadien. Même la mise en œuvre à grande échelle des techniques de récupération prendra beaucoup de temps et sera coûteuse, et elle ne fera qu'une contribution modeste à la résolution du problème de l'approvisionnement à court terme.

Le traitement des sables bitumineux de l'Athabasca, soit dans des usines de craquage, soit grâce à des techniques, à découvrir, d'exploitation sur place, ne nous permettra d'obtenir quelques centaines de milliers de barils par jour qu'après l'horizon 1980, en raison des longs délais nécessaires à cette mise en œuvre et des difficultés de réunir les capitaux, le matériel et le personnel nécessaires. La mise sur pied d'exploitations pétrolières sur le plateau continental atlantique et labradorien dépend tout d'abord de la découverte de gisements, en second lieu de la mise au point d'une technique d'exploitation dans les régions maritimes encombrées de glaces, et finalement de la mise en place d'un réseau de transports pour acheminer les hydrocarbures aux zones de consommation.

La voie la plus prometteuse paraît être actuellement la mise en œuvre du potentiel pétrolier des régions septentrionales les plus accessibles, et particulièrement des régions arctiques de l'Ouest canadien. Il faudrait nécessairement accroître de façon substantielle l'effort de prospection et de mise en œuvre, peut-être même le doubler au cours des prochaines années. Le transport des produits pétroliers vers les zones de consommation nécessiterait la mise en place d'un réseau de transport, au moment opportun, et sans endommagement sérieux du milieu naturel. De même, il faudrait résoudre préalablement et équitablement divers importants problèmes sociaux et politiques, touchant par exemple les droits des autochtones, la rente économique et la mainmise étrangère.

Le Canada ne peut se permettre de développer lentement le poten-

tiel de production pétrolière, car il lui faut maintenir cette production près du niveau de la consommation. Bien que notre Rapport traite surtout des actions donnant leurs fruits à long terme, nous désirons souligner qu'il faudrait entreprendre dès maintenant deux séries d'actions: celles de nature largement politique, ou dépendant des connaissances techniques déjà acquises, qui permettraient de résoudre les problèmes de l'approvisionnement pétrolier à court terme, et celles de l'effort de R & D, dont les résultats permettront d'assurer la permanence et la suffisance de notre approvisionnement énergétique à long terme.

Il faut remarquer que les problèmes de transport se trouvent en bonne position sur la liste des obstacles à l'exploitation de la plupart de nos ressources énergétiques. Il nous faut d'urgence étudier les questions techniques et les problèmes d'environnement posés par l'implantation de réseaux du transport; ils constituent en effet des obstacles sur le chemin critique de tout programme visant à accroître notre approvisionnement interne en ressources énergétiques.

III. Fixation des prix et autarcie énergétique

Plus loin, nous ferons de fréquentes observations à propos du futur secteur énergétique du Canada. Peut-on prédire sa nature avec assurance? Bien qu'on puisse le faire pour le long terme, avec assez de vraisemblance, il est beaucoup plus difficile d'y parvenir assurément pour les courtes et moyennes échéances. C'est le futur niveau des prix des diverses formes d'énergie qui est la principale raison de cette incertitude. À ce propos, on observe une curieuse différence entre les mondes séparés de l'économie et des sciences. Alors que l'économiste sous-estime les possibilités qu'offrent les techniques pour réduire la dépendance à l'égard de certaines ressources énergétiques pouvant se raréfier, les scientifiques négligent souvent l'influence du prix sur la rapidité de réduction effective de cette dépendance.

Quand la main-d'œuvre est bon marché, on n'utilise que peu de machines; si le prix du pétrole est bas, on se sert moins de charbon. Il semble qu'en parlant ainsi nous enfonçons des portes ouvertes; et cependant bien des gens oublient le fait fort simple de l'influence du prix sur la concurrence entre les combustibles. Quand les experts décrivent de nouvelles techniques, que ce soit la gazéification du charbon, la filière thermonucléaire ou l'utilisation du rayonnement solaire, ils donnent l'impression qu'elles contribueront bientôt largement à l'approvisionnement énergétique, pour la simple raison qu'elles sont, ou seront bientôt réalisables techniquement. Bien entendu, la possibilité technique d'une filière est un critère primordial pour sa mise en œuvre; cependant, on ne peut l'utiliser largement que si elle produit de l'énergie à des prix compétitifs avec ceux d'autres filières énergétiques. L'ensoleillement est gratuit, et pourtant le chauffage solaire des maisons et des bureaux ne serait utilisé que si le coût de transformation de cet ensoleillement en chaleur utilisable était comparable à celui de l'utilisation du gaz, du mazout ou du charbon.

Les prix des combustibles, tels le mazout et le gaz, et de l'énergie sous des formes telles que l'électricité, sont modifiés de temps en temps. D'autres combustibles, antérieurement non concurrentiels, et d'autres formes d'énergie peuvent devenir compétitifs quand ces prix augmentent. Les aménagements hydroélectriques atteignent un coût supérieur à celui d'autres moyens de production d'énergie, quand les emplacements hydrauliques les plus facilement aménagés ont été équipés; c'est ainsi que les centrales thermiques ou électronucléaires peuvent devenir intéressantes, sauf si leurs matériaux de base subissent aussi une hausse comparable des prix.

On doit donc élaborer le programme de R & D énergétique en fonction de ces considérations. Quand on entreprit un de ces programmes un peu avant 1950, à propos des réacteurs CANDU, on n'avait guère l'espoir de produire de l'électricité d'origine nucléaire à des prix similaires à ceux payés pour l'électricité à ce moment-là. C'est seulement l'inspiration de quelques scientifiques à l'esprit pénétrant, et des personnalités politiques qui les soutenaient, qui permit le lancement d'un programme de R & D électronucléaire. En vingt-cinq ans, juste au moment

où les résultats de cet effort prennent corps, les conditions économiques se sont retournées de telle façon que l'énergie électronucléaire peut livrer concurrence à l'électricité produite autrement.

Nous devons nous préparer pour l'avenir d'une façon similaire. Il faut que nous mettions au point dès maintenant les moyens les plus prometteurs de production d'énergie, que ce soit grâce au rayonnement solaire ou à toute autre source, afin qu'au moment où les filières traditionnelles deviendront trop coûteuses, notre pays soit à même d'en utiliser d'autres.

En plusieurs endroits de notre rapport nous nous référerons à des projections, et particulièrement à celle de la consommation d'énergie. Il est indispensable de faire une réserve à propos de ces projections, en matière de fixation des prix de l'énergie. La plupart des prévisions s'appuient sur l'hypothèse implicite d'un accroissement global des prix de l'énergie sans effet restrictif sur la quantité d'énergie consommée. Cette hypothèse se trouve, bien entendu, en contradiction directe avec les théories économiques. L'élasticité de la demande, que l'on définit comme le quotient de la modification en pourcentage de la quantité d'énergie appelée, par la modification en pourcentage du prix, n'est nullement négligeable. C'est l'absence de toute analyse valable sur les relations à long terme entre le prix et la consommation de l'énergie au Canada qui a obligé à négliger ce facteur. On sait, cependant, qu'une telle relation existe à long terme; l'accroissement du prix d'un combustible par rapport à un autre provoquera son remplacement, donc une modification de la consommation; l'accroissement du prix de l'énergie par rapport à d'autres articles provoquera une diminution de la consommation énergétique.

Nous avons déclaré plus haut que les crédits à la R & D étaient une prime d'assurance pour la sécurité énergétique future. Mais d'où doivent-ils venir? En gros, nous avons à choisir entre l'inclusion, dans le prix actuel de l'énergie, d'un pourcentage destiné aux investissements qui assureront l'approvisionnement énergétique futur, ou l'addition, au prix d'énergie qui sera produite à l'avenir, d'un pourcentage destiné au remboursement de l'argent qui devra être emprunté, outre les rentrées actuelles procurées par la vente d'énergie. Ce sont des facteurs externes, tels que l'inflation, les taux d'intérêt ou les préoccupations causées par les mainmises étrangères, qui déterminent le choix d'une voie ou de l'autre, de même que la possibilité d'y parvenir.

Un autre aspect du niveau des prix de l'énergie a des conséquences importantes pour l'approvisionnement énergétique du Canada: c'est la fixation d'un prix uniforme pour certains combustibles. Comme les négociations fédérales-provinciales de l'hiver 1973-1974 l'ont montré, cette mesure est de nature politique. La redistribution du revenu effectuée par la fixation d'un prix national uniforme contribue à la réalisation d'objectifs politiques ou sociaux, mais non au financement de programmes techniques. Elle intervient malencontreusement dans les négociations beaucoup plus vastes au sujet du partage des revenus au Canada, parti-

culièrement en matière de produits pétroliers. L'aspect politique du problème de fixation d'un prix national uniforme découle en partie des lacunes du réseau de transport des ressources canadiennes vers toutes les régions de consommation de notre pays.

Le problème de la fixation des prix, non seulement modèlera notre futur secteur énergétique, mais il intervient également dans nos débats au sujet du concept nébuleux d'autarcie (*self-sufficiency*) énergétique. On accorde bien des significations différentes à cette expression. Avec quelques variations, deux définitions principales sont valables actuellement. La première, qui est l'interprétation la plus littérale de l'autarcie énergétique, signifie que tous les besoins énergétiques du pays sont satisfaits grâce à des sources canadiennes. Ainsi, toutes les automobiles roulant au Canada devraient utiliser de l'essence obtenue à partir de pétrole canadien; l'électricité d'origine thermique serait produite à l'aide de charbon extrait au Canada, etc. Cette conception de l'autarcie énergétique est attrayante au point de vue sécuritaire, mais la comparaison des prix des combustibles canadiens et étrangers montre que son coût serait très élevé. Le prix que nous accepterions de payer dépendrait de l'importance que nous attacherions à la sécurité des approvisionnements.

La seconde interprétation de l'autarcie énergétique envisage l'équilibre approximatif des importations et des exportations d'énergie. Dès maintenant, le Canada est en autarcie énergétique, selon cette définition. Elle est attrayante au point de vue économique, car le consommateur canadien paie des prix inférieurs, et la balance commerciale de notre pays n'est pas modifiée. Cependant, cet avantage économique est contrebalancé par une perte sécuritaire. Le Canada ne peut pas immédiatement détourner toute sa production vers le marché intérieur quand ses importations sont brusquement réduites, ou quand les prix de l'énergie subissent une flambée. On peut citer en exemple ce qui s'est produit en fin 1973, lorsque le prix du pétrole importé a subi soudainement une très forte augmentation. Le Canada n'a pu réduire immédiatement ses exportations de produits énergétiques; de plus, il ne disposait pas du réseau d'oléoducs nécessaires pour transporter le pétrole de l'Ouest canadien vers les consommateurs de l'Est.

Trois conditions préalables importantes doivent être remplies pour qu'un pays soit en autarcie énergétique:

- Premièrement, il doit disposer d'un éventail de ressources énergétiques, car sans elles il n'est pas d'autarcie possible.
- Deuxièmement, il lui faut un potentiel technique lui permettant d'utiliser ces ressources énergétiques.
- Troisièmement, il doit mettre en place l'infrastructure nécessaire pour donner corps à cette autarcie.

Notre pays, par chance, dispose de nombreuses ressources énergétiques qui pourront satisfaire nos besoins éventuels à long terme, et même plus; par contre, le tableau est tout différent en ce qui concerne les court et moyen termes, jusqu'à l'horizon 1990. Le présent Rapport contient des propositions pour la mise en place des moyens techniques

indispensables. Nous croyons qu'à long terme le Canada doit, au moins, conserver sa situation d'autarcie énergétique, et poursuivre sa politique d'exportation de produits à forte énergie incorporée, tels ceux qui sont fournis par notre secteur agricole. Nous savons que la rapidité de mise en place de l'infrastructure dépendra de décisions politiques; ces dernières tiendront compte de considérations telles que le coût au consommateur, la balance commerciale et la sécurité de l'approvisionnement à court terme.

Comme nous l'avons déjà dit, nous nous trouvons actuellement en état d'autarcie énergétique par équilibre des importations et des exportations. À l'échéance moyenne, notre autarcie pétrolière cessera, et peut-être aussi notre autarcie énergétique. À long terme, notre pays doit s'efforcer de la recouvrer, tant pour satisfaire ses propres besoins que pour aider ceux qui se trouvent en difficulté.

IV. Les questions cruciales de coordination et de planification

Si l'ampleur et la diversité de nos ressources potentielles d'énergie constituent pour notre pays un avantage précieux, par contre, une grande faiblesse pourrait gêner leur utilisation: Le Canada aura-t-il les moyens politiques et les équipes de direction* nécessaires à la mise en œuvre de ses ressources, dans les délais disponibles, en tenant compte de la consommation croissante? Cinq questions importantes se posent à ce propos:

- 1) Disposons-nous des moyens techniques nécessaires pour la mise en œuvre de ces ressources? (La substance du présent rapport tend vers l'affirmative).
- 2) Pourrons-nous nous procurer les moyens financiers indispensables?
- 3) Disposons-nous de la main-d'œuvre spécialisée nécessaire?
- 4) Aurons-nous accès aux matériaux indispensables?
- 5) Le Canada aura-t-il la cohésion politique et l'unité de vue qui lui permettront de tracer les plans de son futur secteur énergétique, et de rassembler le faisceau des ressources techniques, financières, humaines et matérielles qui seront nécessaires?

Il suffit de consulter la liste des principales actions débattues publiquement, pour se rendre compte de l'ampleur des travaux énergétiques à réaliser au cours des trente prochaines années:

- L'aménagement hydroélectrique de la Baie James (dont le coût, en juillet 1974, était estimé à 12 milliards de \$);
- la pose de plusieurs oléoducs ou gazoducs pour les hydrocarbures de l'Arctique (on estime actuellement que le coût d'un oléoduc pour l'Arctique varie de trois à plus de six milliards de \$);
- plus d'une douzaine d'installations de traitement des sables bitumineux (dont chacune coûterait au minimum un milliard de \$);
- la construction de nombreuses centrales électronucléaires (coûtant probablement d'un à deux milliards de \$ chacune).

Une courte analyse de cette liste très incomplète de projets énergétiques soulève toujours les deux questions qui sont à la base de toute planification: « Où voulons-nous aller? » et « Comment y parviendrons-nous? ». On peut préciser la première question en fonction des problèmes d'énergie: « Quel secteur énergétique voulons-nous avoir dans vingt-cinq ans et plus tard? ». C'est cette question qu'il faut débattre sans retard, et la réponse que nous lui donnerons ne peut être laissée au hasard. Il faudra effectuer des choix judicieux à propos des modes futurs d'approvisionnement énergétique. Nous dirigerons-nous vers une économie « tout à l'électricité », ou s'appuiera-t-elle équitablement sur le gaz et l'électricité, ou sur quoi d'autre encore? Les mêmes formes d'énergie seront-elles utilisées dans tout le Canada, ou chaque région choisira-t-elle d'utiliser les ressources dont elle dispose? Dans l'affirmative, l'électricité constituera-t-elle le vecteur commun de l'énergie? Notre approvisionnement énergétique sera-t-il assuré par des centrales de plus en plus

* Sur le plan national, et non sur le plan du secteur privé.

grandes, ou par des centrales plus petites, donnant une plus grande diversité au secteur énergétique?

Ce sont les limitations du savoir-faire technique disponible actuellement, ou en cours de mise au point, qui détermineront la nature et l'ampleur des modifications apportées à notre secteur énergétique au cours des vingt prochaines années. Mais après cette période, on pourra mettre en œuvre les résultats des programmes de R & D énergétique entrepris actuellement, et diversifier les options. Même à court terme, l'orientation donnée au secteur national de l'énergie aura des répercussions dépassant largement le cadre technique. L'énergie constitue le système nerveux de notre société; la structure sociale sera modifiée si l'on change la forme de l'énergie fournie. Il pourrait s'ensuivre des conséquences immédiates et sérieuses pour l'expansion régionale. Par exemple, il sera malaisé de décider de la construction d'un grand ouvrage dans une région plutôt que dans une autre, et pourtant il faudra que cette décision soit prise.

La politique d'énergie du Canada devrait remplir une série de fonctions indispensables. Elle devrait concrétiser l'accord général sur la nature du secteur énergétique à mettre en place dans tout le Canada, et établir un échéancier de réalisation des nombreux grands ouvrages nécessaires. Elle devrait tenir compte des ressources énergétiques à réserver à l'exportation, ainsi que de la forme et de la nature de l'énergie à importer. Il faudrait l'élaborer à un moment où l'absence de dialogue profitable gêne la collaboration entre les divers paliers du gouvernement, et entre ceux-ci et l'industrie énergétique. Il lui faudrait se baser sur une planification à long terme, et éviter de réagir individuellement à des crises soudaines. Elle devrait trouver une méthode permettant de remplacer les programmes généraux d'encouragements à la prospection et à la mise en œuvre, tels les dégrèvements pour épuisement*, dont l'action est trop dispersée; il lui faudrait aussi surmonter les obstacles causés par les dissensions fédérales-provinciales au sujet du partage des rentrées fiscales.

Dès que les grands traits de la politique nationale énergétique auraient été tracés, on pourrait étudier comment mettre en place le secteur énergétique prévu: c'est dans ce cadre à courte et moyenne échéances que les contraintes financières, humaines et matérielles se feront sentir le plus durement.

À ce propos, le Conseil des sciences croit que la mise sur pied d'un échéancier de construction des grands ouvrages nécessaires à la satisfaction des besoins intérieurs permettrait aux sphères financières du Canada de réunir les fonds indispensables avec le minimum d'aide étrangère, à condition que les conditions économiques mondiales soient relativement stables. Il estime aussi que les problèmes de main-d'œuvre et de matériaux peuvent être résolus de la même façon.

* Voir par exemple M. W. Buchovetsky, *The Taxation of Mineral Extraction*, Étude réalisée pour la Commission royale de la fiscalité, Ottawa, 1964.

Les limitations financières

Les problèmes de financement se présentent sous deux formes: la fourniture effective des capitaux et, dans l'affirmative, les répercussions possibles de ces grands investissements sur l'économie nationale.

La concentration de grands investissements au cours d'une courte période accroîtrait, en effet, la pression inflationniste, et ferait monter les coûts de construction. Cependant, on peut espérer que les besoins pécuniaires du secteur énergétique pourront être satisfaits par le marché financier habituel. Citons les paroles d'un haut fonctionnaire du ministère fédéral des Finances:

« Les industries énergétiques investissent actuellement des montants atteignant de 35 à 40 pour cent de leur chiffre d'affaires, soit de 2,8 à 2,9 milliards de \$ au cours des années récentes. Il en résulte que ces industries assurent, à elles seules, de 25 à 30 pour cent des investissements privés du secteur de la production, c'est-à-dire en excluant le logement. . .

On a ainsi une meilleure appréhension du coût des ouvrages énergétiques, dont nous entendons parler si souvent ces temps-ci. Nous sommes frappés par les sommes colossales qui sont mentionnées: quatre, six ou huit milliards de \$ pour la réalisation d'un projet. Mais ces entreprises s'étalent nécessairement sur plusieurs années, et leurs répercussions financières se trouvent donc amorties. En outre, comme ces ouvrages en remplacent d'autres dont la vie utile est achevée, leur incidence économique en est encore plus atténuée. Nous sommes frappés, par exemple, par le fait que la réalisation d'un projet coûterait six milliards de dollars. Cependant, si cette réalisation s'étalait sur quatre années, le montant annuel investi n'atteindrait que 1,5 milliard de \$. Comme cet investissement remplacerait d'autres dépenses en immobilisation dont le total atteint 2,8 milliards de dollars, on voit que le surplus susceptible d'avoir une incidence économique serait bien inférieur au milliard de \$ par an.

Je ne veux pas dire par là que ces grandes dépenses en immobilisations ne pourraient pas engendrer d'instabilité économique; elles le font inévitablement. Cependant, cette instabilité est généralement moins forte qu'on ne le craint. Bien entendu, il faut faire un effort particulièrement poussé pour échelonner les travaux, afin de réduire l'instabilité économique qu'ils pourraient créer*.

On doit souligner que cette perspective optimiste découle de l'hypothèse d'une croissance uniforme des investissements dans le secteur énergétique, et de la mise en œuvre de mesures visant à parer l'instabilité économique qui découlerait de la réalisation simultanée de plusieurs grands ouvrages. Le financement réussi des entreprises énergétiques dépendra largement de la mise en place d'un mécanisme d'éche-

* Voir O.E. Thur, « Energy Resources - Manpower Consideration », dans: Société royale du Canada, Compte rendu du Colloque sur les ressources énergétiques, octobre 1973, pp. 433-434.

lancement des grands investissements, grâce à la concertation des différents protagonistes des secteurs public et privé.

Les préoccupations suscitées par l'ampleur de ces investissements portent surtout sur la pénurie de capitaux qu'ils pourraient créer en d'autres secteurs de l'économie; l'expérience montre que cet effet est peu probable; de même, on craint l'arrivée d'un mascaret de capitaux étrangers. À ce sujet, il faut signaler que nos ressources financières sont suffisantes pour réduire à moins de dix pour cent l'appel de capitaux étrangers par le secteur énergétique; comme ce montant serait inférieur au centième de notre PNB, il est peu probable que cette entrée de capitaux influencerait notablement la valeur du dollar canadien.

La part des nouvelles ressources énergétiques qui seront consacrées à l'exportation est un facteur important des tractations financières. À nos yeux, le genre d'entreprise* qui utiliserait le capital, la main-d'œuvre et les matériaux étrangers, pour mettre en œuvre des ressources canadiennes en vue de les exporter, n'offre guère d'intérêt. Ce genre d'entreprise entraînerait l'aliénation d'une partie de la souveraineté du Canada, l'épuisement de ses ressources et bien peu d'avantages à long terme pour la population canadienne. Il serait plus difficile d'évaluer un autre genre d'entreprise, dont l'envergure tiendrait compte des besoins intérieurs et de l'exportation; sa réalisation pourrait déranger l'échéancier de construction des ouvrages destinés à la consommation intérieure, et créer quelque instabilité financière; mais il pourrait aussi apporter des avantages considérables, si nous convenions de façonner plus complètement nos produits avant leur exportation. Par exemple, la construction d'une centrale permettant d'exporter de l'électricité plutôt que de l'uranium naturel serait avantageuse pour notre pays. Il est évident qu'il faudrait examiner les cas individuellement, et surveiller l'évolution des conditions financières, afin de détecter l'apparition de difficultés.

Les limitations de la main-d'œuvre spécialisée

La fourniture de main-d'œuvre pose actuellement des problèmes, que l'on pourrait résoudre de deux façons; elle ne devrait donc pas empêcher la réalisation d'ouvrages énergétiques au Canada. Tout d'abord, l'échelonnement délibéré de la construction des ouvrages peut réduire les besoins totaux; d'autre part, on peut améliorer les programmes de formation, afin d'accroître le nombre de travailleurs qualifiés. Il se peut que la réalisation de ces ouvrages énergétiques nécessite la venue d'ouvriers spécialisés de l'étranger; mais cette éventualité n'est pas certaine.

Tout en indiquant les solutions possibles, il serait imprudent de minimiser l'ampleur ou la rigueur de la pénurie actuelle de main-d'œuvre spécialisée. Il semble déjà peu probable qu'on puisse construire plus d'une usine, chaque deux ou trois ans, pour le traitement des sables bitumineux de l'Athabasca, en raison de la pénurie sérieuse d'ingénieurs

* La mise en exploitation rapide, à grande échelle, des sables bitumineux de l'Alberta, telle que proposée par Herman Kahn de l'Institut Hudson des États-Unis, constituerait une entreprise de ce genre.

de bureaux d'étude, d'ingénieurs d'exploitation et d'ouvriers spécialisés. Le Canada ne dispose que d'un nombre limité d'ouvriers spécialisés en construction pouvant se déplacer dans tout le pays. Certains corps de métier présentent des difficultés encore plus grandes: Actuellement, il y a pénurie de tuyauteurs, ce qui pourrait retarder l'achèvement de ces usines. Ainsi, le chevauchement de la réalisation des divers projets pourrait causer de sérieux problèmes de main-d'œuvre. Seul, l'échelonnement de la construction des usines de traitement des sables bitumineux de l'Athabasca permettrait de maintenir l'offre d'emploi des ouvriers spécialisés à un niveau raisonnable. On doit noter qu'une ou deux des usines d'Athabasca ne contribueront que fort peu à notre approvisionnement pétrolier, mais que, par contre, elles feront une saignée aux ressources en main-d'œuvre et en capital nécessaires dans d'autres branches de l'industrie énergétique et dans les industries auxiliaires indispensables à la réalisation des projets énergétiques.

On observe avec inquiétude que ni les administrations publiques, ni les industries, ni les syndicats n'ont d'idées précises sur nos réserves de main-d'œuvre des différents corps de métier. Déjà certaines firmes entreprenant la construction d'usines de traitement des sables bitumineux ont dû lancer une vaste campagne de recrutement pour certains ingénieurs et ouvriers spécialisés étrangers. Il est nécessaire de connaître avec précision quelles sont les réserves d'ouvriers spécialisés, et d'attirer suffisamment d'apprentis dans les corps de métier où règnent des pénuries. Il est probable qu'après l'horizon 1980, notre population active s'accroîtra plus lentement que par le passé, multipliant ainsi nos difficultés. L'apport de main-d'œuvre est une question importante, qui nécessite plus d'attention à long terme qu'on ne lui a accordée jusqu'ici.

On pourrait rencontrer quelques difficultés pour recruter les diplômés de l'enseignement supérieur qui sont nécessaires au secteur énergétique. On ne sait avec certitude si les universités pourront assurer en temps voulu la formation de la gamme des spécialistes nécessaires. Notre société est ainsi faite que c'est l'aggrégation des décisions individuelles des étudiants qui détermine le nombre de spécialistes formés par l'université, et non la volonté de ses dirigeants. Bien que les établissements d'enseignement supérieur puissent en principe déterminer le nombre de leurs diplômés, en pratique les restrictions financières leur ôtent toute latitude d'action. Cette observation montre bien l'ambiguïté générale qui sous-tend la planification de la formation professionnelle. D'une part, on croit que les forces du marché de la main-d'œuvre équilibreront l'offre et la demande d'emploi des spécialistes. D'autre part, on observe les résultats de ce laissez-faire: surabondance d'ingénieurs diplômés une certaine année, suivie d'une pénurie notable quelques années après; c'est pourquoi on condamne cette absence de planification. Il n'est pas raisonnable d'espérer tirer bénéfice de deux actions contradictoires.

La division des charges de l'enseignement entre dix administrations provinciales rend ces problèmes encore plus difficiles à résoudre. On peut faire deux observations à ce sujet: Premièrement, la politique

suivie en matière d'éducation ne semble pas établir de liens étroits entre les besoins en main-d'œuvre d'une branche particulière, le secteur énergétique, et le nombre de personnes qui reçoivent une formation pour les satisfaire. En second lieu, on n'a pas accordé assez d'attention à la mobilité de la main-d'œuvre, et au caractère national, plutôt que provincial, des besoins du secteur énergétique.

Deux conditions sont indispensables pour que les universités jouent leur rôle de formatrices de la main-d'œuvre spécialisée. Tout d'abord, il faut que l'autorité politique énonce clairement la politique énergétique, et trace les grands traits des nouvelles bases énergétiques de l'économie canadienne, et qu'elle détermine l'ampleur des investissements, et dresse l'échéancier des ouvrages à réaliser et leur répartition régionale, etc. En second lieu, du point de vue technique, il faut que les autorités fédérales et provinciales établissent un calendrier prioritaire de la R & D énergétique. Il faut que cet échéancier soit articulé avec la politique énergétique du Canada, et qu'en même temps il contribue à l'élaboration de cette politique. Ce n'est que grâce à ces données que les universités pourront choisir rationnellement les programmes de formation à mettre en relief.

Les limitations dues à l'équipement et aux matériaux

Même si la pénurie de main-d'œuvre était supprimée, l'approvisionnement en équipement et en matériaux poserait des problèmes aussi complexes. Notons, par exemple, que l'exploitation à ciel ouvert des sables bitumineux nécessitera l'emploi de nombreux excavateurs à benne traînante et roues-pelles. Les fabricants de ces matériels sont malheureusement très peu nombreux dans le monde, et leurs carnets de commande sont déjà remplis pour fort longtemps. L'agrandissement de leurs usines ne peut être réalisé à cause de la pénurie mondiale d'acier, entre autres, et celle-ci ne peut pas être supprimée rapidement. Si l'on accordait l'équipement nécessaire, en priorité, à l'exploitation des sables bitumineux, les besoins des exploitations charbonnières en découverte, tant au Canada qu'à l'étranger, ne pourraient être satisfaits et le bilan final seraient aussi fâcheux pour le secteur énergétique. La pénurie d'excavateurs à benne traînante et de roues-pelles ne constitue qu'un exemple parmi beaucoup d'autres: on connaît des pénuries de colonnes de fractionnement des hydrocarbures, du matériel électrique, des isolateurs, etc.; il est improbable qu'on puisse accroître la production industrielle suffisamment pour qu'elle permette de satisfaire les besoins du secteur énergétique, lequel s'étend rapidement dans tous les pays du monde.

Ces pénuries sont très réelles actuellement; elles ont entraîné des retards coûteux de la construction des ouvrages énergétiques, de même qu'une flambée des prix des matériaux et du matériel. On ne sait si ces difficultés proviennent de la croissance exceptionnelle des économies occidentales au cours des dernières années (et, dans ce cas, elles disparaîtraient à la suite du ralentissement économique), ou si elles ne sont

que les signes avant-coureurs de modifications permanentes. Il est indispensable d'entreprendre sans retard l'étude de cette question.

Les problèmes de planification

Dans le chapitre ci-dessus, nous avons fait des allusions fréquentes à la planification, à l'échéancier des grands ouvrages, et à la politique énergétique nationale. Mais comment la structure fédérale du Canada pourrait-elle permettre l'élaboration d'une politique énergétique nationale, en dépit des exigences opposées des diverses régions, de leurs besoins différents et de la répartition inégale des ressources énergétiques?

Dans un rapport précédent*, le Conseil des sciences a examiné la répartition complexe des compétences canadiennes en matière de ressources et a cité comme exemple précis le secteur des hydrocarbures. Il voulait montrer que l'Office national de l'énergie, organisme fédéral, ne constituait pas une tribune où les antagonismes fédéraux-provinciaux en cette matière pourraient être réglés. De façon caractéristique pour notre régime politique, c'est une réunion au plus haut palier, une conférence des premiers ministres, qui seule a permis l'établissement, en mars 1974, d'un prix uniforme pour le pétrole brut canadien. Il semble que la répartition canadienne des compétences n'offre aucune alternative à la prise des décisions politiques en matière de mise en œuvre des ressources énergétiques par la réunion d'hommes politiques fédéraux et provinciaux. Sur le plan technique, plus spécialisé, les gouvernements peuvent déléguer nombre des pouvoirs nécessaires à des groupes de fonctionnaires, lesquels négocieront avec des représentants de l'industrie et des consommateurs. Même sur un plan plus officiel, il faut que des représentants des gouvernements fédéral et provinciaux participent aux entretiens, car leurs relations avec l'industrie sont d'une importance considérable pour la mise en œuvre d'une politique énergétique nationale.

À mesure que l'énergie prenait de l'importance politique, chacun des paliers de gouvernement concerné s'est préoccupé d'adapter, de renforcer et d'étendre ses propres mécanismes administratifs chargés de résoudre ces problèmes politiques. Le gouvernement albertain a donné plus d'ampleur au mandat de sa Commission d'utilisation rationnelle des ressources énergétiques, et il a créé une Régie provinciale de l'énergie; celui de la Colombie-Britannique a institué une Commission de l'énergie; les gouvernements de la Saskatchewan et du Manitoba ont créé des organismes leur permettant d'intervenir directement en cette matière; le gouvernement ontarien a nommé un ministre de l'Énergie, accru l'envergure de sa Commission énergétique, et proposé la création d'une Régie de l'énergie; le gouvernement québécois a créé une Direction générale de l'énergie; le gouvernement fédéral a donné plus d'envergure aux groupes chargés de la politique énergétique, au sein du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et il s'efforce de créer une Société nationale des pétroles.

* Conseil des sciences du Canada, Rapport n° 19, *Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada*, Ottawa, Information Canada, 1973.

Toutes ces mesures vont dans la bonne direction. Nous espérons que chaque palier de gouvernement disposera ainsi d'un mécanisme lui permettant d'élaborer, de planifier, d'organiser, et de coordonner les lignes de conduite en matière d'énergie dans son propre domaine de compétence. Il reste cependant à mettre en place un organisme nouveau facilitant la concertation des décisions fédérales-provinciales au niveau politique. À tout le moins devrait-il permettre l'adoption d'une série de règles convenues pour les négociations, afin que ces règles elles-mêmes ne soient plus sujets de controverse.

Comme nous l'avons déjà indiqué, il faut que les décisions cruciales continuent à être prises par une concertation personnelle des ministres. Cependant, cette méthode offre deux inconvénients, si elle constitue le seul processus décisionnel.

Tout d'abord, les ministres ne peuvent s'entretenir en permanence, et il ne faut pas qu'ils s'enlisent dans les questions de détail; deuxièmement, chaque ministre participant à cette réunion a reçu des informations concernant surtout le point de vue du gouvernement auquel il appartient; il ne dispose d'aucune source d'analyse indépendante.

On peut résoudre facilement le premier de ces deux problèmes; des comités de fonctionnaires peuvent étudier de nombreuses questions de détail, grâce à une délégation du comité des ministres, ce qui est une méthode parfaitement normale. Il faut cependant que les réunions des ministres se tiennent de façon régulière, et qu'ils ne se concertent pas simplement à la suite de certaines crises. On espère que la planification et la coordination nécessaires au programme à long terme se feront dans une atmosphère différente de celle qui a entouré la rencontre des premiers ministres en 1973-1974.

On peut surmonter la seconde difficulté en fournissant un personnel à plein temps au groupe des ministres; ce personnel serait chargé d'effectuer des analyses pour lui (sur la scène internationale, des organismes tels que l'OCDE ont été dotés de secrétariats qui accomplissent ces fonctions). L'analyse des diverses options serait l'une des tâches importantes de ce personnel auxiliaire. Les organismes réglementaires actuels, tels que l'Office national de l'énergie, n'ont généralement à répondre que par l'affirmative ou la négative à des questions isolées. Par exemple, il considérerait la demande d'autorisation de construire un gazoduc dans le Nord canadien comme un dossier isolé; il n'examinerait pas dans le contexte plus large qu'elles méritent les répercussions de cette décision négative ou positive sur les futures filières énergétiques du Canada, et sur toute son économie. Ne serait-il pas préférable d'évaluer les diverses options avant de prendre la décision favorable ou défavorable à la construction d'un gazoduc? Voici, par exemple, les options qu'il faudrait analyser; on pourrait:

1° construire le gazoduc;

2° retarder sa construction, afin d'accroître la participation canadienne à la réalisation des travaux et à l'exploitation du gaz naturel qu'il permettrait d'acheminer;

- 3° fournir la même quantité d'énergie par la gazéification du charbon;
- 4° réduire la consommation du gaz au cours d'une période critique déterminée, par exemple en augmentant son prix ou en mettant en place un mécanisme de répartition autoritaire;
- 5° importer du gaz ou du pétrole;
- 6° construire des centrales électronucléaires;
- 7° fournir un fluide caloporteur, de l'hydrogène ou un autre hydrocarbure à la place du gaz naturel.

Il est vraisemblable que la première réaction des fonctionnaires responsables à de telles suggestions serait négative, et qu'ils les estimeraient irréalisables; l'étude étayant la demande d'autorisation de construction d'un gazoduc aurait été approfondie et coûteuse, et on ne pourrait pas la recommencer pour toutes les options éventuelles. C'est là qu'apparaît la lacune cardinale de notre processus de décision actuel: il est surtout réactionnel, et n'exige que peu d'analyses des options énergétiques à la première phase d'étude d'un projet, justement quand une telle action nécessaire est aisément menée à bien et que les décisions sont encore rescindables.

Il faut qu'un mécanisme fournisse des genres d'analyses largement différentes de celles qui sont utilisées, par exemple, pour étayer la demande d'autorisation de construction d'un gazoduc. Cette analyse, tout en fournissant certaines données techniques, cernerait surtout les options politiques et s'efforcerait de mettre au jour leurs répercussions à long terme.

Il faut que la société canadienne fasse très tôt un choix judicieux de la direction qu'elle suivra en matière d'énergie. Ce choix ne doit être fait qu'après une analyse détaillée des options possibles. Les mécanismes décisionnels utilisés dans le passé ne suffisent plus à l'examen de projets dont l'envergure individuelle et les répercussions éventuelles ne font que croître. Les retards de la planification limitent les options disponibles. De même, le choix d'une filière énergétique non essayée, ou sa mise au point tardive, pourrait ajourner les fournitures d'énergie. Les retards et les pannes de la production énergétique nécessiteraient des quantités de combustible dont le coût dépasserait celui des immobilisations exigées pour la mise en place de la filière ainsi retardée.

Il faut que nos autorités politiques mettent en place un processus de décision bien documenté, lequel permettrait d'effectuer des choix politiques en matière de planification à moyen et à long termes, dans une perspective nationale. En conséquence le Conseil des sciences recommande: « que les gouvernements fédéral et provinciaux conviennent que leurs ministres concernés se réuniront régulièrement, en vue d'étudier les problèmes de l'élaboration d'une politique énergétique nationale, à long terme, pour le Canada; qu'ils recrutent un petit personnel intergouvernemental très compétent pour étayer les travaux de ces réunions interministérielles; que ce personnel noue des relations étroites avec les universités et les firmes industrielles, qu'il dispose des moyens nécessaires pour rassembler et analyser l'information, et qu'il puisse décrire

les nouvelles options énergétiques, ainsi que les conséquences de leur mise en œuvre ».

On ne peut réaliser isolément un effort de R & D énergétique. Il faut, au contraire, que la politique en cette matière ait des liens étroits avec la politique énergétique à long terme. Il est donc nécessaire que nous ayons une claire perspective sur l'orientation que prendra le secteur énergétique. La première mesure à prendre pour obtenir une telle perspective serait de créer un mécanisme qui nous permettrait de coordonner les efforts et de planifier l'avenir à long terme.

V. La consommation future

Le Canadien est le second consommateur d'énergie du monde, et il utilise en moyenne l'équivalent de cinquante-cinq barils de pétrole par an. La consommation d'énergie du Canada croît à un taux très rapide, et l'une de nos études de documentation* indique que, selon les projections normalisées, la consommation d'énergie primaire en l'an 2000 sera trois fois plus forte que juste après 1970.

C'est l'énergie qui anime notre société. Elle chauffe nos maisons, actionne nos automobiles, fait fonctionner nos mines et nos usines. Elle nous a apporté la prospérité, tout en éliminant l'effort physique. Son utilisation s'est accrue très rapidement, et on se demande maintenant si cette croissance peut continuer comme par le passé. Serait-ce un désastre, ou simplement une incommodité, si le taux de croissance de l'approvisionnement se ralentissait? Est-ce qu'une partie de notre consommation énergétique serait un gaspillage que nous pourrions judicieusement éviter?

Tout comme d'autres pays industrialisés, le Canada a traditionnellement laissé l'industrie préparer l'approvisionnement énergétique en fonction des projections de la consommation, et n'accorde que peu d'attention à l'utilisation efficace des ressources énergétiques. En raison des problèmes délicats de l'approvisionnement, et du coût de ce dernier, il faut que, dès à présent, les projections d'approvisionnement déterminent les politiques d'orientation de la consommation énergétique. Il faut freiner cette dernière, et promouvoir le crédo de l'économie d'énergie au sein de la société canadienne. À qui demande pourquoi il faudrait régir la consommation énergétique, le Conseil des sciences cite trois raisons générales:

- 1° il faut rendre l'approvisionnement énergétique moins difficile;
- 2° il faut réduire les gaspillages de notre secteur énergétique (car environ 48 pour cent de notre approvisionnement actuel en combustible sont gaspillés);
- 3° il faut réduire les répercussions de la production et de l'utilisation de l'énergie sur l'environnement canadien.

Nous allons examiner les deux premières raisons dans le présent chapitre, et nous consacrerons un chapitre ultérieur au problème de la protection du milieu ambiant.

Nos consultants ont évalué de leur mieux les économies énergétiques qui découleraient de diverses mesures et méthodes que nous qualifierons d'« économies d'énergie ». Leur travail a permis au Conseil des sciences de conclure raisonnablement qu'on pourrait réduire d'environ 15 à 20 pour cent la consommation d'énergie projetée pour l'an 2000, grâce à une réglementation et à des mesures appropriées, sans que cette réduction ait une influence fâcheuse sur notre économie. Pour tenir

* Voir *Hedlin Menzies and Associates Limited*, « Energy Scenarios for the Future ». Étude de documentation réalisée pour le Conseil des sciences du Canada, mai 1974, Annexe B. Il faut remarquer que la « prévision normalisée » publiée dans « Politique canadienne de l'énergie », ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Information Canada, 1973, semble être beaucoup trop élevée.

compte des circonstances, il faut noter que 15 à 20 pour cent de la consommation de l'an 2000 représentent de 45 à 60 pour cent de la consommation actuelle; il s'agit donc de soulager notre futur secteur énergétique des deux tiers de la charge que supporte notre secteur actuel.

Nous croyons que la consommation totale d'énergie au Canada croîtra, à cause des diverses pressions que nous mentionnerons plus loin. Nous nous efforcerons d'attirer l'attention sur les problèmes inutiles suscités par une croissance continue et étourdie de la consommation d'énergie. La population canadienne s'accroît, et cette augmentation se fera sentir dans toutes les branches de la consommation énergétique. Notre collectivité s'est engagée, comme elle le devait, à améliorer le sort des désavantagés et des pauvres en son sein; l'amélioration de leur niveau de vie nécessitera plus d'énergie. Elle s'est promis d'améliorer les perspectives économiques de certaines régions de notre pays; il faudra y consacrer encore plus d'énergie. Elle désire aménager le Nord canadien; ceci assurément nécessitera beaucoup d'énergie supplémentaire. Le Conseil des sciences ne conteste pas la nécessité de progresser sur tous ces fronts; par contre, il rejette les multiples gaspillages d'énergie qui, par voie de conséquence, compromettraient nos possibilités de fournir toute l'énergie dont le Canada aura besoin à l'avenir.

L'attention que le Conseil des sciences accorde aux possibilités de freiner la demande énergétique découle naturellement des préoccupations qu'il a exprimées dans un de ses rapports antérieurs sur la politique en matière de ressources. Il y déclarait ce qui suit: « Les Canadiens, individuellement, et par l'entremise de leurs gouvernements, de leurs institutions et de leurs industries [devraient entreprendre] de modifier la structure de leur société, actuellement préoccupée d'exploitation des ressources et de consommation, et [. . .] lui donner l'orientation plus constructive d'une société économe de ses richesses naturelles »*.

Toute tentative de mise en place d'une société d'économie devrait s'appuyer sur un effort d'élimination des gaspillages et une meilleure utilisation des ressources par le secteur énergétique.

Dans le passé, on n'a guère tenté de répandre le crédo de l'économie d'énergie au sein de la population canadienne, car on croyait que les ressources énergétiques du Canada étaient si grandes qu'il n'était pas nécessaire de réfréner la demande, pourvu qu'on poursuive prudemment leur mise en œuvre. Il est bien vrai que notre pays dispose d'une panoplie de ressources énergétiques, mais la mention de réserves potentielles énormes est trompeuse, car elle suggère erronément qu'il serait possible de les mettre en œuvre sous un court délai, et sans difficulté, quand il le faudrait. C'est négliger les difficultés considérables que nous avons décrites précédemment, et qu'il nous faudra surmonter même si la croissance de la consommation énergétique n'est que modérée. Au fur et à mesure que nous épuisons les ressources énergétiques aisément accessi-

* Conseil des sciences du Canada, Rapport n° 19, « *Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada* », Ottawa, Information Canada, janvier 1973, p. 42.

bles, et donc bon marché, nous devons nous tourner vers des ressources de plus en plus coûteuses, diminuant ainsi le rendement énergétique de nos immobilisations. La régulation de la demande permettrait peut-être de réduire les tensions que l'expansion de nos filières énergétiques pourrait créer au sein de notre économie.

Les motifs d'économie et de croissance orientée sont particulièrement forts dans le cas du pétrole. Le secteur des transports et l'agriculture dépendent largement des approvisionnements en pétrole et dérivés; aucune alternative pratique n'est en vue. La fabrication de toute une gamme de produits pétroléochimiques dépend de la fourniture de pétrole ou de gaz naturel, qui sont ses produits de base. À cause de ces nécessités, on ne doit pas accepter, sans bonne raison, de laisser croître l'utilisation des hydrocarbures là où d'autres filières sont disponibles (par exemple pour la production d'électricité).

Mesures techniques pour l'économie d'énergie

Le Conseil des sciences estime que quatre mesures techniques importantes pourraient favoriser l'économie d'énergie. En gros, notre pays devrait:

- 1° accroître l'efficacité de l'utilisation de l'énergie;
- 2° accroître l'efficacité des processus de transformation énergétique;
- 3° favoriser l'utilisation de filières de remplacement pour utiliser rationnellement les combustibles peu abondants;
- 4° et réduire la consommation inutile.

L'utilisation plus efficace de l'énergie permettrait de satisfaire les besoins, tout en réduisant l'approvisionnement. Par exemple, il est possible de réduire la quantité de combustible nécessaire pour chauffer un appartement à la température désirée, grâce à l'amélioration de l'isolation thermique et de la conception des bâtiments; la réduction du poids des automobiles permet de diminuer la consommation en carburant; nous pourrions faire des recherches sur la récupération de la chaleur actuellement gaspillée, particulièrement de celle des centrales thermiques; nous pourrions favoriser plus vigoureusement l'utilisation des réseaux de transport en commun, dont les véhicules utilisent l'énergie plus efficacement que les automobiles.

Pour améliorer l'efficacité de la transformation de l'énergie, nous pourrions perfectionner le fonctionnement des calorifères, des moteurs et des climatiseurs, et nous pourrions concevoir des processus de fabrication industrielle épargnant l'énergie.

En ce qui concerne les remplacements souhaitables, nous pourrions utiliser le charbon, l'énergie hydraulique, ou l'énergie nucléaire pour fabriquer de l'électricité, plutôt que le mazout ou le gaz naturel; nous pourrions aussi mettre au point des techniques d'utilisation du rayonnement solaire pour le chauffage partiel de nos maisons et de l'eau pour utilisation domestique, épargnant ainsi les combustibles fossiles.

Pour réduire la consommation inutile, il nous faudrait recycler les matériaux dont la fabrication première nécessite beaucoup d'énergie,

façonner des objets de vie utile plus longue, et améliorer leur conception et leur entretien afin de réduire la fréquence des remplacements. Chacun pourrait aisément réduire les gaspillages d'énergie à son domicile, grâce à un peu d'attention.

Nous avons cité ces quelques exemples pour montrer la diffusion possible du crédo de l'économie d'énergie. Dans bien des domaines, nos industries pourraient ouvrir la voie en proposant des modèles « peu coûteux en énergie ». Les associations industrielles du Canada pourraient charger des groupes d'étude de découvrir les moyens d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'énergie dans leur secteur, de même que par leurs produits.

Quelques incidences de la réduction éventuelle de la consommation énergétique

On peut décrire de façon convaincante les avantages d'un freinage de la croissance de la consommation énergétique, à une époque où le public se préoccupe de plus en plus de la détérioration du milieu ambiant et de l'épuisement rapide des ressources naturelles. Cependant, des critiques demanderont si certaines répercussions de l'économie d'énergie ne contrebalanceraient pas outre mesure les avantages à en tirer, mettant ainsi en doute le bien-fondé de ce freinage.

Cette argumentation s'appuie implicitement sur une relation hypothétique qui existerait entre le PNB et la consommation d'énergie de la plupart des pays. Il est cependant erroné d'en déduire qu'un accroissement de la consommation d'énergie conduirait à un accroissement proportionnel du PNB. Il reste à démontrer qu'il existe une relation entre la croissance économique et l'accroissement de la consommation d'énergie; cependant, dans certaines sphères, on craint que le freinage de la croissance de la consommation énergétique ne conduise inévitablement à un ralentissement de la croissance économique, et à une augmentation du chômage, lesquels conduiraient peut-être à une crise économique. Cette crainte est-elle fondée?

Il est vrai qu'une chute brutale de l'approvisionnement ou de la consommation de l'énergie pourrait engendrer de graves déséquilibres, comme toute autre modification brusque dans d'autres branches de l'économie. Cependant, a-t-on prouvé que le passage graduel, au cours d'une longue période, d'un taux élevé d'accroissement de la consommation d'énergie, vers un taux beaucoup plus modéré, aurait inévitablement des répercussions fâcheuses pour l'économie? Ce problème vaut bien qu'on l'étudie soigneusement.

Voyons les répercussions possibles sur l'emploi. Un programme d'économie d'énergie entraînerait inévitablement la suppression de quelques emplois dans certains secteurs de l'économie. Cependant, on ne doit pas considérer ces pertes isolément, car elles dramatisent l'incidence d'un ralentissement de la croissance de la consommation énergétique sur l'emploi; en effet, il est très probable que la suppression d'emplois dans un secteur de l'économie serait contrebalancée par la création de nou-

veaux emplois dans d'autres secteurs. On doit donc bien distinguer entre une diminution effective du nombre total des emplois, et un simple déplacement des offres d'emplois entre les divers secteurs de l'économie. On peut remplacer en partie les investissements en équipement par de la main-d'œuvre, selon les conditions de la branche industrielle considérée. L'augmentation des prix de l'énergie, particulièrement si elle a lieu plus rapidement que celle des salaires réels, encouragera l'utilisation de la main-d'œuvre à la place d'équipement, accroissant ainsi l'emploi disponible. Nous ne disposons pas de données certaines permettant d'analyser plus en détail ce problème important de l'incidence de l'économie d'énergie sur l'emploi disponible. Il nous faut remédier à cette lacune. Les mesures d'économie d'énergie prises par les firmes individuelles ont parfois des résultats inattendus. Sous la pression des prix de revient, bien des firmes trouvent les moyens de réduire le gaspillage et d'améliorer l'efficacité de leurs opérations. Ce nouveau stimulant à l'utilisation rationnelle de l'énergie pourrait permettre de réduire la consommation sur le plan national, et peut-être procurer des économies aux entreprises concernées. Notons qu'au moins une société pétrolière états-unienne a fait savoir partout qu'elle peut aider les industries des États-Unis à réduire leur consommation énergétique jusqu'à un maximum de 15 pour cent, tout en accroissant la production et l'emploi. Il est désolant de voir que certaines sociétés étatsuniennes peuvent, avec succès, réduire leur consommation d'énergie, alors que leurs succursales canadiennes ne semblent guère s'en préoccuper.

Le freinage de la croissance de la consommation énergétique, sans réduire notre potentiel économique, constituerait la première étape vers l'instauration d'une société ménagère de ses ressources, ou société d'économie. La suppression des gaspillages contribuerait à l'utilisation plus rationnelle de nos ressources naturelles, conduisant ainsi à une société aisée, vivant en harmonie avec la nature.

Cependant, il faut analyser de beaucoup plus près les problèmes que nous avons mentionnés ci-dessus. Il faut mettre au jour et évaluer avec précision les répercussions sociales et économiques des mesures à prendre; ainsi l'économie d'énergie et l'orientation de la demande pourraient constituer deux instruments valables de la politique énergétique.

Les initiatives nécessaires en matière de politique de la consommation

Nous avons souligné ci-dessus l'importance du volet « consommation » pour l'élaboration des plans de notre avenir énergétique. Bien que notre pays puisse envisager l'avenir avec plus de confiance que la plupart des autres nations, il ne lui suffirait pas de limiter son attention au volet « approvisionnement énergétique » pour résoudre tous ses problèmes. Le Conseil des sciences estime que le freinage de la croissance de la consommation est un élément indispensable à toute politique énergétique judicieuse pour le Canada.

Les difficultés que soulèverait la satisfaction des besoins énergétiques canadiens à court terme soulignent la nécessité de mettre en

œuvre des mesures d'économie d'énergie dès maintenant, sans les remettre à plus tard. L'économie d'énergie ne constitue nullement un mal absolu, car elle apportera des avantages sociaux et économiques, découlant de l'exploitation plus rationnelle de cette ressource.

Jusqu'à présent, notre pays n'a pas disposé de mécanismes administratifs lui permettant d'élaborer une politique de la consommation. L'Administration fédérale n'a créé que très récemment un Bureau de la conservation de l'énergie au sein du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Les administrations provinciales peuvent et doivent jouer un rôle important dans la planification et la mise en œuvre d'un programme d'économie énergétique. Il est nécessaire de faire un effort de coordination en cette matière.

Plus haut, nous avons signalé un certain nombre de questions qui sont d'importance fondamentale, et qui portent sur la croissance économique, l'emploi et la structure de l'économie canadienne. Ces questions, auxquelles il ne nous est pas possible de donner de réponses, faute de données suffisantes, devront être analysées beaucoup plus complètement. Il faut aussi poser d'autres questions assez nombreuses: Quelles seraient les répercussions de l'augmentation du coût de l'énergie sur l'industrie canadienne? Notre travail de documentation préliminaire indique, à part quelques exceptions importantes, et contrairement à des opinions bien ancrées, que ces répercussions n'ont généralement pas beaucoup d'envergure. Quelle serait la charge imposée aux désavantagés de notre société par la croissance du prix de l'énergie? Certains croient que ce sont les pauvres qui en supporteront toutes les conséquences. Quelle est l'élasticité du coût de diverses formes d'énergie? Nous n'avons pas suffisamment d'information pour répondre à ces questions, comme à bien d'autres.

Outre les préoccupations causées par les incidences éventuelles d'une réduction de la consommation énergétique sur la société canadienne, ou sur certains éléments de la collectivité, de nombreuses questions se posent au sujet des meilleurs moyens de mise en œuvre des mesures d'économie dans certains cas particuliers. Par exemple, comment pourrions-nous assurer que les nouveaux immeubles à bureaux et les logements seront mieux isolés thermiquement? On peut y parvenir de bien des façons, mais nous ne connaissons pas la meilleure. Comment améliorer l'efficacité des calorifères domestiques? Y parvient-on par des innovations techniques, grâce à un meilleur entretien, par l'utilisation d'autres filières énergétiques? Nous pourrions continuer à poser des questions indéfiniment, auxquelles il est impossible de répondre avec précision sans accomplir un effort de R & D.

Mieux encore, il faut que nous accomplissions un effort permanent de R & D pour satisfaire les besoins de notre société et pour utiliser de façon plus efficace les transformateurs d'énergie: calorifères, climatiseurs, moteurs d'automobile, etc. C'est l'industrie privée qui pourrait le plus efficacement accomplir un tel effort de R & D. En fait, l'industrie canadienne a réalisé un effort partiel en ce sens; malheureusement, on a

gaspillé l'énergie de plus en plus au cours des dernières décennies pour la propulsion d'automobiles pesant plusieurs tonnes, pour la fabrication de récipients à jeter et pour la production de toute une gamme d'accessoires inutiles. Il faut que le gouvernement inverse cette tendance, et oriente l'effort de R & D du secteur privé dans un sens plus respectueux de la qualité de la vie et de l'économie d'énergie. Dans certains cas particuliers, s'il a épuisé ses pouvoirs de persuasion et de stimulation, l'État lui-même pourrait s'associer plus directement à l'effort de R & D, afin d'assurer la mise au point au Canada d'une technologie convenant aux besoins de sa population.

L'élaboration et la mise en œuvre d'une politique dynamique de la consommation énergétique nécessitera une grande expansion de l'effort de R & D. Celui-ci devra porter aussi bien sur les problèmes économiques et sociaux que sur les questions de physique et d'ingénierie. On peut distinguer trois grandes voies de progression pour cet effort: la première sera l'étude globale d'un ralentissement de la croissance de la consommation énergétique sur la société canadienne; la seconde concernera les instruments de la politique, c'est-à-dire la meilleure façon de freiner la croissance dans certains cas particuliers; la troisième, de nature surtout technique, portera sur la fourniture des installations, du matériel et des appareils.

Les mesures que les autorités politiques doivent prendre deviennent plus diffuses quand on passe du premier volet au second, puis au troisième. Le premier concerne des problèmes d'intérêt national; le gouvernement fédéral doit donc être le chef d'orchestre de l'activité correspondante. La question des instruments de la politique intéresse tous les paliers de gouvernement, selon leur domaine de compétence; les aspects techniques et commerciaux intéressent surtout le secteur des affaires, lequel bénéficie de l'aide des deux paliers de gouvernement, et les universités.

Le Conseil des sciences estime que l'Administration fédérale pourrait tout d'abord élargir le mandat du Bureau de la conservation de l'énergie afin qu'il puisse traiter de tous les problèmes de consommation énergétique, et qu'il occupe une place plus en vue au sein du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. En second lieu, bien qu'il lui soit plus difficile de donner des précisions sur le plan provincial, le Conseil recommande que les administrations provinciales entreprennent ou étendent leurs efforts d'élaboration de la politique de consommation énergétique, et qu'elles s'intéressent particulièrement à ses instruments. Troisièmement, le Conseil recommande qu'on aiguillonne les industries canadiennes de fabrication et de transformation pour qu'elles accroissent leur effort de R & D portant sur les techniques et le matériel de fabrication peu voraces d'énergie. Les associations industrielles, et celles de normalisation, ont un rôle important à jouer en cette matière; ces dernières, par exemple, pourraient s'efforcer d'inclure les rendements énergétiques dans la description technique des machines, des appareils et des automobiles.

Il faudrait que l'industrie énergétique se préoccupe des rendements qu'elle obtient elle-même. Il lui faut déterminer la quantité d'énergie dépensée pour l'acquisition de nouvelles ressources énergétiques. Il lui faut concevoir des procédés, tels ceux qu'on utilise pour l'exploitation des sables bitumineux, lui permettant de réduire au minimum la part des ressources énergétiques indispensables à la production d'énergie pour l'extérieur*.

Il faudra que des consultations régulières entre les représentants de l'État et ceux de l'industrie se déroulent, tout au cours du processus d'élaboration des politiques énergétiques et de régulation. C'est la maximisation des avantages qui sert actuellement de critère décisionnel en matière d'énergie; l'instauration d'une société ménagère de ses ressources énergétiques exige donc que les décideurs de l'Administration et des services publics, ainsi que des firmes industrielles, sachent comment dresser les plans d'une utilisation plus rationnelle des ressources.

* Voir par exemple: « The new math for figuring energy costs », *Business Week*, 18 juin 1974; et, également, H. Georgescu-Roegen, *Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, 1971.

VI. Notre futur approvisionnement énergétique

Jusqu'ici, nous avons examiné la nécessité d'une planification et d'un freinage de la croissance de la consommation, et nous avons proposé des mécanismes généraux d'intervention. Mais il est encore plus nécessaire de planifier rationnellement notre approvisionnement futur. Les richesses énergétiques du Canada et les possibilités de mise en valeur sont telles que nous avons un choix d'options pour répondre à nos besoins énergétiques.

À l'automne de 1973, certains ont parlé d'une crise canadienne de l'énergie; en fait, il s'agissait de difficultés d'acheminement, avec un préavis trop court, de produits pétroliers en quantités suffisantes, là où ils étaient nécessaires. La politique pétrolière nationale, promulguée en 1961, avait divisé le Canada en deux: La partie occidentale serait approvisionnée par le pétrole brut de l'Ouest canadien, et la partie orientale par du pétrole d'importation. Comme conséquence de la guerre du Yom-Kippour dans le Proche-Orient, et de l'embargo pétrolier des pays arabes (fin 1973), le gouvernement canadien modifia la politique pétrolière nationale, et décida de prolonger l'oléoduc interprovincial jusqu'à Montréal. Ainsi donc, bien que le Canada soit autarcique en matière de pétrole, il est à la merci d'une brusque interruption de l'approvisionnement de l'étranger, telle qu'il s'en est produit à l'automne de 1973.

Les produits pétroliers ont actuellement une importance primordiale comme source d'énergie dans le monde. Le Canada n'échappe pas à cette emprise: En 1970, plus de la moitié de l'énergie utilisée ici provenait du pétrole. C'est pourquoi on pourrait croire qu'une réduction des fournitures, ou des difficultés éventuelles d'approvisionnement, auraient de graves conséquences pour notre pays. Le Conseil des sciences ne partage pas cette opinion pessimiste. Dans une perspective à long terme, le caractère momentané de la toute-puissance du pétrole apparaît clairement.

C'est l'approvisionnement énergétique qui a été le moteur du développement économique remarquable des pays industrialisés; il s'agit d'énergie utilisable et non nécessairement, ou exclusivement, de pétrole. On a observé, au cours de l'histoire, la lente croissance de l'utilisation des formes particulières d'énergie lors de leurs débuts; la source d'énergie étudiée croît ensuite plus rapidement, puis passe par plusieurs étapes de développement en s'adaptant aux circonstances et aux événements; elle atteint alors un palier, s'y maintient quelque temps, puis décline et achève son évolution historique. Nous avons observé le même déroulement dans toutes les nations occidentales. Il y a des centaines d'années, les principales sources d'énergie étaient le bois, le vent et l'eau. Le charbon remplaça le bois quand ce dernier se raréfia, et il fut à son tour remplacé par les hydrocarbures, dont les avantages étaient devenus évidents. Nous nous trouvons maintenant dans une période de transition similaire des hydrocarbures vers de nouvelles sources d'énergie. Il est peu probable qu'autrefois on ait ressenti le passage de l'utilisation du bois à celle du charbon comme une crise; l'abandon du charbon pour

les hydrocarbures ne l'a certainement pas été. Cette évolution s'est produite naturellement. Pour la population, il était évidemment plus facile de se procurer ces formes d'énergie nouvelles à l'époque et, de plus, les produits pétroliers, et particulièrement le gaz naturel, était des produits moins salissants et aisément accessibles. On ne doit pas s'attendre à une évolution bien différente, en dépit de quelques difficultés immédiates. À long terme, notre dépendance à l'égard des produits pétroliers s'estompera, mais leur rôle ne disparaîtra pas soudainement. En fait, nous assistons déjà au crépuscule de l'ère pétrolière. Ce changement ne devrait pas trop nous préoccuper. Par contre, on ne saurait trop le souligner, nous devrions nous soucier des répercussions sur la société du passage d'une forme dominante de l'énergie (les produits pétroliers) à une autre. On a qualifié ce passage de « mutation énergétique »*, qu'on a définie comme un changement décisif des conditions de fonctionnement du secteur énergétique. Ce bouleversement aura des répercussions profondes sur la société humaine, tout comme ceux qui l'ont précédé, quand elle est passée du bois au charbon, puis du charbon au pétrole.

C'est l'abandon du bois pour le charbon, parallèlement à la mise en œuvre de la machine à vapeur, qui a causé la révolution industrielle. Comme M. David Cass-Beggs l'a indiqué, ce changement n'a pas consisté seulement en construction d'usines et utilisation de méthodes de production plus efficaces†. La véritable mutation a été la métamorphose de la société rurale en société urbaine, et le passage du régime agricole au régime industriel, accompagnés de la mise en place d'un enseignement universel, de l'apparition des communications de masse et de la mise en œuvre de nouvelles méthodes de gestion et d'administration.

De même, l'abandon du charbon pour les produits pétroliers a suscité des changements radicaux, par suite de l'adoption des méthodes modernes d'agriculture, de la prolifération des automobiles et de la création d'une industrie pétroléochimique. C'est en grande partie cette mutation qui a permis la marée démographique mondiale. La forte croissance de nos villes, l'adoption de méthodes différentes pour la mise en marché des produits, l'accroissement surprenant de la mobilité des individus ont découlé de cette substitution des sources énergétiques, et ont changé fondamentalement notre mode de vie.

On a estimé ultérieurement que certains de ces changements étaient avantageux, mais non tous. Si les substitutions précédentes ne doivent nous enseigner qu'une seule chose, ce sera de ne pas nous préoccuper exclusivement des formes sous lesquelles l'énergie sera disponible: chaleur du charbon, des réactions nucléaires ou du rayonnement solaire. Il faut que nous nous rendions parfaitement compte que la principale forme ou la gamme des formes sous lesquelles l'énergie nous sera fournie à l'avenir aura des répercussions ubiquitaires sur notre société, largement hors du secteur énergétique. Il est possible de prévoir un grand

* David Cass-Beggs, « The Energy Revolution and the Environment », allocution à l'Institut de Vancouver, le 27 octobre 1973.

† *Ibid.*

nombre de ces répercussions, tout au moins dans leurs grandes lignes. Elles pourront suivre des cours différents, prendre un aspect avantageux ou fâcheux selon les options énergétiques que nous choisirons de mettre en œuvre. Il faut que tout programme de R & D énergétique tienne compte de l'effacement progressif de la filière pétrolière. Il faudrait l'élaborer en fonction des perspectives sociétales les plus sûres des filières énergétiques que nous allons choisir de mettre en œuvre à long terme.

De cette façon, nous cesserons graduellement de consacrer des sommes de plus en plus importantes à la recherche de gisements pétroliers de plus en plus éloignés et rares, et produisant un pétrole brut coûteux. Il est beaucoup plus sensé de consacrer les capitaux dont nous disposons à la mise en œuvre de ressources énergétiques de longue durée ou, ce qui serait encore mieux, de ressources énergétiques renouvelables.

Le déclin relatif du rôle énergétique des hydrocarbures ne signifie pas qu'ils vont complètement disparaître au cours des prochaines décennies. Il indique cependant qu'il n'est pas possible de maintenir l'apport actuel du pétrole brut et du gaz naturel dans notre budget énergétique. Cet effacement se traduira par un freinage de l'augmentation de la consommation des hydrocarbures, et par l'accélération de l'utilisation des autres formes d'énergie. L'évolution plus ou moins rapide des diverses filières énergétiques sera déterminée par l'appel d'énergie, de même que par les paramètres de l'approvisionnement: adéquation des données, sagesse des décisions, et efficacité de la planification et de l'organisation. Mais quelle sera la panoplie énergétique sur laquelle s'appuiera notre économie future?

Il faut qu'à l'avenir notre pays dispose encore de combustibles aisément transportables et de forte énergie potentielle. Dans la nature, ces combustibles sont des corps organiques à liaisons carbone-hydrogène. Nous savons que l'énergie potentielle du combustible varie selon la proportion pondérale des atomes d'hydrogène par rapport aux atomes de carbone. Dans ces conditions, le gaz naturel est porté en tête de liste, et le pétrole se trouve en très bonne position; cependant, en raison de leur rareté future, il faut que nous nous contentions de produits se trouvant plus bas sur la liste énergétique. Le bitume extrait des sables de l'Athabasca montre un rapport pondéral hydrogène/carbone plus faible; il faut donc l'accroître. De même, il faudrait valoriser le lignite noir par gazéification ou hydrogénation (*coal liquefaction*). Dans ce cadre général, la mise en exploitation des sables bitumineux et la transformation du charbon en hydrocarbures constituent des progrès logiques et presque inévitables.

Dans le passé, nous avons utilisé des combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz pour fabriquer de l'électricité. À très long terme, il se peut que nous utilisions l'énergie des centrales électro-nucléaires pour synthétiser des hydrocarbures à partir de l'eau et du calcaire.

Il est impossible de prédire la nature exacte de notre future pano-

plie énergétique. Le vecteur d'énergie sera-t-il l'électricité, l'hydrogène ou un gaz de remplacement? En toute probabilité, et pendant longtemps, ces trois vecteurs énergétiques seront utilisés avec beaucoup d'autres, et la seule question est de savoir quel vecteur deviendra prédominant au cours d'une période déterminée. Tout comme l'utilisation directe du bois, puis du charbon, puis des hydrocarbures, a fourni les bases énergétiques de l'économie, l'électricité continuera à jouer ce rôle à l'avenir; en outre, à part certaines exceptions régionales, l'énergie nucléaire constituera probablement la principale source d'électricité.

Bien que celle-ci semble devoir être le principal vecteur énergétique, de nombreuses autres formes d'énergie contribueront probablement à l'approvisionnement. On continuera à utiliser le pétrole sur une échelle réduite, et en vue d'applications moins nombreuses. Le charbon et ses dérivés joueront leur rôle. La synthèse des gaz pourrait favoriser leur utilisation. Il est aussi probable qu'on mettra au point de nouvelles sources d'énergie. Le rayonnement solaire, l'énergie éolienne et l'énergie de la matière organique, tout en faisant des contributions individuelles sans doute relativement faibles, feront ensemble un apport notable; l'hydrogène jouera probablement son rôle.

Il serait présomptueux de faire des prédictions au sujet des apports effectifs de chaque filière. En effet, quoique chacune de celles-ci se prête à une mise au point, on n'a pas encore réalisé d'étude, ne serait-ce que théorique, au sujet de l'économie de leur utilisation. Plutôt que d'énoncer des prévisions fort susceptibles d'erreurs, le Conseil des sciences recommande que notre pays accorde beaucoup plus d'attention qu'actuellement à toutes ces filières énergétiques. Il souligne qu'on investit des milliards de \$ dans la construction de gazoducs, d'usines d'extraction des hydrocarbures des sables bitumineux et de centrales électronucléaires, mais qu'on n'accorde que des crédits minuscules à la R & D sur l'énergie solaire ou éolienne, par exemple. Le coût d'un seul jour de prospection pétrolière dépasse le montant annuel consacré à la R & D sur l'énergie solaire.

Le seul effort de R & D qui ait reçu un financement suffisant, celui de l'énergie électronucléaire, a conduit à un succès éclatant; mais il ne faut pas oublier qu'il a rencontré de nombreux obstacles. La réussite devrait nous convaincre qu'il nous est possible de mener à bien un programme de R & D énergétique, aussi effectivement que n'importe quel pays étranger. Notons que le coût de la R & D énergétique est négligeable, si on le compare aux avantages qui pourraient découler d'un programme réussi.

Le remplacement de la filière énergétique prédominante actuelle, le pétrole, influencera largement la société canadienne. Il existe, bien entendu, des incidences directes, telles que la transformation des installations de chauffage domestique pour l'utilisation de l'électricité, le remplacement du camionnage par le transport des marchandises par rail, la disparition des cheminées d'usine, l'électrification des voies ferrées, l'amélioration des réseaux de transports en commun, la réalisation pra-

tique de l'automobile électrique à accumulateurs et de l'automobile à volant-moteur (accumulateur d'énergie); citons encore la mise au point du moteur d'automobile fonctionnant au méthanol ou à l'hydrogène, ou même la suppression de la circulation automobile dans les centres-villes, et l'amélioration du cadre urbain par l'abandon de la combustion comme mode de transformation de l'énergie, et son remplacement par un mode de transformation moins polluant. Mais les répercussions indirectes sont encore plus importantes. Elles introduiront des modifications plus fondamentales dans notre mode de vie. Il faut nous assurer qu'elles seront autant que possible bénéfiques, afin d'atténuer celles qui affecteront certains groupes. Ce sont là les divers domaines où il faut commencer à agir dès maintenant.

Nous voici ramenés à la nécessité de la planification. Nous ne devons pas nous laisser emporter aveuglément dans l'avenir, que nous pouvons largement déterminer si nous le voulons. Nous pouvons modeler notre futur secteur énergétique de façon décisive si nous avons le courage politique d'entreprendre dès maintenant un effort de planification à long terme.

Il nous manque actuellement la plupart des données qui permettraient d'étayer un choix judicieux des actions de R & D énergétique à entreprendre, et de celles qu'il faut laisser de côté. Certaines de ces données, en effet, ne peuvent être précisées avec certitude. Par exemple, nous ne connaissons pas quel est le pourcentage des gisements de pétrole, entrevus par les experts, qui seront effectivement découverts sur le territoire du Canada, ni ne pouvons-nous déterminer quelle est la fraction de ce pétrole qui serait récupérable.

Il faut aussi répondre à quelques séries de questions: celles qui concernent l'apport potentiel de filières énergétiques particulières pour satisfaire l'ensemble des besoins futurs; celles portant sur les problèmes économiques de la production, du transport et de la transformation d'une forme d'énergie particulière, et sur les techniques auxiliaires; et celles que posent les prospectives sociétales et d'environnement. La coordination des mécanismes de planification, que nous recommandons au Chapitre IV, permettrait de répondre à ces questions, et à d'autres encore.

Dans ce but, il faudra lancer un programme de R & D pénétrant, qui permettra de mettre au jour les diverses options, de les discerner, d'en exclure certaines, et de prendre des décisions réalistes et judicieuses au sujet du moment opportun pour entreprendre le développement de certaines d'entre elles à un stade plus avancé et plus coûteux. Certains des éléments de ce programme apparaissent indispensables, et dans bien des cas on a entrepris leur réalisation. Nous examinerons ci-dessous, de façon plus approfondie, quels devraient être les programmes de R & D en matière d'approvisionnement énergétique.

Les combustibles fossiles

Les industries pétrolières, gazières et charbonnières du Canada se trou-

vent généralement aux mains de capitalistes étrangers, et leurs besoins en R & D sont pour la plupart satisfaits par des services de recherche établis outre-frontières. La poursuite du développement des techniques pétrolières, gazières et charbonnières dépendra largement des grandes sociétés internationales, et le financement de l'effort de R & D se fera grâce aux investissements privés. Les sociétés pétrolières et gazières, dont certaines ont acquis de grands intérêts dans l'industrie charbonnière, disposent elles-mêmes des fonds qui sont nécessaires à leur effort de R & D; elles veulent rester indépendantes, et sont disposées à investir d'importants capitaux si elles estiment en tirer à long terme des avantages notables. La participation des scientifiques de l'État à cet effort est gêné par leur ignorance des données détaillées sur les techniques en cours d'élaboration, et par le secret qui les entoure. Cependant, les programmes de recherche dont le financement par l'État a été sollicité ont fait de notables contributions aux connaissances générales (tels celui de la Direction des mines du ministère des Mines et des Ressources en matière de charbons, et celui du Conseil des recherches de l'Alberta au sujet des sables bitumineux). Le Canada doit s'efforcer d'améliorer son potentiel technique en matière de combustibles fossiles; on peut se demander s'il lui est possible d'accélérer la mise au point de nouvelles techniques ou leur amélioration, telles les techniques de gazéification du charbon; cet objectif peut-il avoir la priorité sur le plan national? Les autorités pourraient-elles persuader le secteur privé d'accroître ses investissements en cette matière? Devraient-elles simplement financer les efforts de l'industrie, sous condition qu'il s'agisse de R & D sur la gazéification du charbon? En cas d'urgence, l'État devrait-il racheter la firme concernée et construire une usine-pilote? Quels moyens d'action et quel pouvoir a-t-il réellement dans ce domaine important? Toute l'activité de l'industrie des combustibles fossiles du Canada soulève ces problèmes que les responsables de l'élaboration de notre politique de R & D doivent résoudre. Ce n'est pas uniquement le Canada, ni le seul secteur énergétique qui sont marqués par cette dépendance. Ainsi, le gouvernement australien a demandé récemment aux Nations Unies d'étudier la possibilité de promulguer des lignes de conduite pour les sociétés multinationales, afin qu'elles accordent plus d'attention aux besoins et aux préférences des pays où elles ont implanté des filiales. Ces lignes de conduite nous aideraient à élaborer notre propre politique énergétique, et à l'appliquer plus efficacement.

Il faut continuer l'effort de R & D sur tous les aspects de notre industrie des combustibles énergétiques, avec discernement: prospection, extraction, transport, raffinage et protection du milieu ambiant. Bien des activités de R & D des industries pétrolières et charbonnières intéressent la plupart des pays du monde, et de nombreux pays accomplissent des progrès dans diverses voies. Il est certain que le Canada pourrait bénéficier du résultat de leurs efforts. Cependant, certains problèmes lui sont particuliers; c'est pourquoi nos scientifiques doivent trouver les

solutions, élaborer les techniques et acquérir le potentiel technique qui nous conviennent.

On estime que l'approvisionnement futur en produits pétroliers et gaziers proviendra de régions excentriques, grâce à l'utilisation de techniques toutes nouvelles. Les moyens de transport de cette énergie constitueront donc le maillon indispensable à son acheminement à l'utilisateur. L'exploitation de ces nouvelles sources d'énergie présentera toute une série de difficultés techniques dues au climat et à la distance, et il faudra lancer un effort de R & D spécial pour leur résolution. Les techniques de ravitaillement et de transport dans les régions arctiques ne sont pas assez perfectionnées, comme le montre bien la comparaison du coût très élevé de la mise en œuvre des ressources énergétiques du Nord canadien et du coût correspondant dans le Sud. Les conditions météorologiques de la prospection pétrolière sous-marine et du forage au large des côtes atlantique ou arctique multiplient ces difficultés. Des gisements exploitables de pétrole et de gaz se trouvent dans ces régions, et leur exploitation rationnelle, de même que le traitement et le transport des hydrocarbures vers les consommateurs constituent une entreprise de grande envergure; il est nécessaire d'entreprendre des efforts de R & D bien planifiés pour obtenir opportunément les solutions utiles.

Le vaste potentiel de R & D dont nous disposerons nous permettra d'accroître la part canadienne dans la fabrication du matériel utilisé ici. Il nous ouvrira également des débouchés à l'étranger pour le matériel conçu pour fonctionner en climat froid, et pour les techniques de travail en milieu inhospitalier, facilitant ainsi notre participation à l'activité pétrolière sous-marine dans le monde entier. La collaboration de nos scientifiques avec les chercheurs de la Norvège, du Danemark, de l'U.R.S.S. et des É.-U., pays qui possèdent des régions arctiques étendues, offrirait des avantages particuliers, et il faut la favoriser. De même, il faut accorder une attention particulière aux questions d'approvisionnement, dans le cadre du programme de recherche pour l'aménagement du Nord canadien.

Au fur et à mesure que la production d'un champ pétrolifère ou gazifère approche de son déclin, ses possibilités d'adaptation aux variations de la demande décroît; c'est pourquoi il est important de perfectionner les techniques de stimulation et de maintien de la production. L'accroissement des prix unitaires permet l'exploitation rentable des gisements de faible perméabilité, et la mise en œuvre de nouvelles techniques dans les champs économiquement marginaux, en vue d'accroître le taux de récupération finale des hydrocarbures.

Une seconde entreprise intéressant particulièrement le Canada est l'extraction des hydrocarbures des gisements de pétrole visqueux et des sables bitumineux de l'Ouest canadien. Il existe actuellement une seule usine de production commerciale des hydrocarbures tirés des sables bitumineux extraits à ciel ouvert; quelques autres se trouvent au stade de la planification ou de la construction. Sans aucun doute, les techniques utilisées seront perfectionnées en cours d'exploitation, car nous

n'avons nullement résolu tous les problèmes de l'extraction à grande échelle et à ciel ouvert dans le climat hivernal rigoureux du nord de l'Alberta, ou de la manipulation des sables abrasifs contenus dans les gisements.

Récemment, le gouvernement fédéral a annoncé la création d'une Caisse de 40 millions de \$ qui serait chargée de financer la recherche sur l'exploitation des sables bitumineux, et le gouvernement de l'Alberta a proposé d'y consacrer une somme additionnelle de 100 millions de \$. Ce financement éventuel de la R & D constitue un pas dans la bonne direction; mais on ne sait pas dans quelles conditions ces fonds publics seront utilisés. De plus, on peut se demander s'il est judicieux de les consacrer actuellement à la recherche sur l'exploitation des sables bitumineux; en effet, la décision de les mettre très rapidement en exploitation ne serait peut-être pas de bonne stratégie. Jusqu'à récemment, il semblait que l'industrie des hydrocarbures était décidée à mettre elle-même au point la gamme des techniques nécessaires; le financement de la R & D grâce à des deniers publics ne peut guère avoir d'influence sur la rapidité de mise en exploitation commerciale des usines. L'avantage d'un financement de la R & D en cette matière doit être examiné en gardant la tête froide, comme en tout autre domaine; les deniers publics ne doivent être utilisés que là où le financement est le plus efficace et le plus équitable. Trois voies paraissent immédiatement intéressantes: les méthodes d'extraction non traditionnelles; les répercussions de l'exploitation des sables bitumineux sur l'environnement, et le rendement énergétique des opérations.

La plupart des techniques de traitement en usine des sables asphaltiques nécessitent l'utilisation d'énormes quantités d'eau, soit environ cinq fois le volume du pétrole produit. Au cours de leur utilisation, les eaux sont fortement polluées par des hydrocarbures, des sels et des vases sableuses. On ne peut les rejeter sans les dépolluer, et on ne peut les recycler sans délai. La mise en œuvre d'un programme de R & D pour résoudre ce problème, sous la direction de l'État, intéresserait toutes les firmes s'occupant de séparer le bitume des sables extraits. Ce programme devrait viser à réduire l'incidence des techniques d'extraction sur le milieu ambiant, et à permettre ainsi le fonctionnement simultané d'un plus grand nombre d'usines, tout en respectant des normes strictes de protection de l'environnement. Actuellement, le nombre d'usines pouvant être implantées dans une région donnée est limité par l'approvisionnement en eaux propres et par l'impossibilité de déverser les effluents dans les rivières avant un délai fort long.

La forte quantité de dioxyde de soufre émise au cours du processus de raffinage constitue une autre nuisance d'environnement. Celle-ci pose des problèmes dans bien d'autres industries. Leur résolution, non seulement permettrait de réduire les répercussions du fonctionnement des usines d'extraction du bitume des sables asphaltiques, mais aussi de réduire les effets fâcheux des activités de nombreux autres ouvrages

énergétiques ou industriels. Il serait justifié de financer suffisamment ces recherches.

Les méthodes utilisées actuellement pour l'extraction du bitume et le raffinage des hydrocarbures sont très largement traditionnelles. Il est évidemment désirable de mettre au point d'autres techniques moins connues, et de mettre à l'essai des idées et des méthodes réellement nouvelles, particulièrement si elles offrent la possibilité d'accroître le taux de récupération des hydrocarbures. L'industrie elle-même accomplit ce genre de recherche, mais il faudrait que les crédits à la R & D soient utilisés pour développer le potentiel technique, former les spécialistes et de construire les installations nécessaires dans les universités et dans des organismes tels que le Conseil des recherches de l'Alberta; ceux-ci pourraient mettre au point des méthodes nouvelles de récupération efficace des hydrocarbures de la plus grande partie des gisements de sables bitumineux. Le financement du Centre de recherches sur les hydrocarbures de l'Université de l'Alberta, à Edmonton, et de l'Institut canadien de recherche énergétique de l'Université de Calgary constitue un progrès dans cette direction. En outre, il est possible de découvrir des méthodes faisant un usage plus efficace de l'énergie, grâce à l'étude des bilans énergétiques de chaque étape du processus de production. Actuellement, l'extraction des sables et leur traitement nécessite une dépense d'énergie équivalant à plus de 25 pour cent de l'énergie qui en est tirée. L'amélioration du rendement des techniques actuelles produirait des avantages évidents. L'exploitation à long terme de la plupart des gisements de sables bitumineux dépend de la mise au point de techniques d'extraction du bitume sur place, car le volume des gisements recouverts d'un mince mort-terrain est relativement faible. Certaines des techniques actuelles gaspillent l'énergie. Un certain nombre de firmes conduisent actuellement des programmes de R & D sur les techniques d'exploitation sur place. Quelques-uns de ces programmes ont atteint le stade de l'usine-pilote (5 000 barils par jour), et on espère confirmer les possibilités de production commerciale après l'horizon 1980. Les techniques d'extraction du bitume vont de l'utilisation de la vapeur à la production de chaleur dans les gisements souterrains. Jusqu'ici, leur élaboration s'est poursuivie sans le soutien de deniers publics. Il se peut que cet effort de recherche mène au remplacement des techniques actuelles par des méthodes plus efficaces d'extraction et de traitement, et plus respectueuses du milieu naturel.

Le charbon canadien constitue une source primordiale de combustible; mais on n'a pas développé son exploitation, car ses débouchés éventuels ont été occupés par le mazout et le gaz naturel. L'intérêt soudain que les acheteurs étrangers ont accordé aux ressources charbonnières canadiennes a pris l'industrie au dépourvu, tant sur le plan technique que sur celui des moyens de production. L'industrie charbonnière canadienne est très moderne, à part quelques exceptions notables. Les mines de charbon sont équipées des meilleurs matériels et leur rendement est satisfaisant, particulièrement dans les provinces des Prairies.

À l'avenir, de nombreux gisements seront exploités à ciel ouvert, et il est peu probable qu'on voie un retour notable à l'exploitation souterraine. Les mineurs de fond qui restent devront devenir des techniciens très compétents, dirigeant les machines qui accomplissent le travail. Cette automatisation s'appuie sur des facteurs techniques et sociaux, et il n'est pas possible de créer rapidement un potentiel d'exploitation satisfaisant. Dernièrement, la mécanisation des exploitations souterraines a fait l'objet d'un large effort de R & D, particulièrement en Europe. Les solutions trouvées devront être adaptées aux conditions qui prévalent au Canada.

Le financement de la R & D par l'État serait le plus fructueux dans les domaines de la chimie fondamentale, des techniques de traitement et, bien entendu, de la délimitation de nos gisements charbonniers et de l'étude de la qualité des charbons. La mise au point de nouvelles techniques en cette matière, de même que pour le transport du charbon, particulièrement par carbodyucs, procurerait des avantages considérables à l'industrie charbonnière, et permettrait certainement d'améliorer la valeur économique de nos gisements.

Ce sont la gazéification et l'hydrogénation du charbon qui offrent les perspectives les plus prometteuses pour ces derniers. Il nous faut être en mesure de gazéifier le charbon, si nous choisissons cette option énergétique sur le plan national. Une ou deux méthodes valables économiquement sont déjà bien au point. En outre, plusieurs autres méthodes sont en cours d'élaboration aux États-Unis. Actuellement, la demande mondiale pour les usines de gazéification, et l'incertitude du rendement des nouveaux procédés, font qu'il ne serait pas possible de mettre en œuvre avant six ou dix ans la décision soudaine de gazéifier le charbon canadien. Le Conseil des sciences estime que l'industrie doit mettre sur pied un potentiel technique qui lui permettrait de réduire ce délai à cinq ans au plus. En outre, il nous faut passer en revue les efforts accomplis en matière de gazéification du charbon en place, car cette méthode obvierait à la pénurie d'eau existant dans les régions où se trouvent les gisements de charbon exploitables à long terme.

L'effort de R & D actuel porte surtout sur la fabrication d'un gaz à haut pouvoir calorifique, substituable au gaz naturel (GNS). Il faudrait également chercher à accroître le pouvoir calorifique des hydrocarbures gazeux tirés du charbon, par des méthodes autres que le coûteux procédé de méthanation qu'on propose actuellement. Bien que les méthodes étudiées doivent permettre la fabrication d'un gaz commercial, de nombreuses autres applications n'exigent pas que le gaz de synthèse ait un haut pouvoir calorifique. Il faudrait évaluer le pouvoir calorifique optimal, en tenant compte de tous les frais de production et de transport. Cette étude serait particulièrement utile pour choisir entre la gazéification du charbon et la combustion directe de celui-ci, pour l'alimentation des centrales thermiques et la production de chaleur industrielle. De plus, il faudrait que l'administration publique lance un effort de R & D

pour remédier aux nuisances causées par l'extraction du charbon et sa gazéification.

En résumé, les ressources canadiennes en combustibles fossiles continueront à jouer un rôle important pour le secteur énergétique du pays, que ce soit sous leurs formes habituelles ou sous la forme d'hydrocarbures synthétiques. Il faut que nous continuions à améliorer notre potentiel de gestion et notre potentiel technique pour faire l'utilisation optimale de ces ressources. La plupart des crédits à la R & D proviendront probablement de l'industrie, et seule une action de stimulation sera nécessaire; cependant, le financement de l'État sera utile dans certains domaines, particulièrement ceux de la délimitation des gisements de combustibles fossiles, et de la réduction des nuisances des méthodes d'extraction, de traitement et de transport. La politique nationale de R & D devra toujours viser à accroître le potentiel technique et les moyens industriels du Canada. Il faut également que l'effort de R & D assure notre autonomie technique en matière d'évaluation des méthodes d'exploitation, car il est indispensable que nous disposions des données fondamentales et des capacités de les interpréter afin d'effectuer une meilleure répartition des ressources énergétiques, chronologiquement et géographiquement, à l'avantage de tous les Canadiens. Jusqu'à présent, les décisionnaires ont dépendu trop étroitement de l'industrie pour obtenir les données stratégiques dont ils avaient besoin en matière de politique. Une grande partie de cette industrie se trouve en mains étrangères, et ses lignes de conduite sont choisies ailleurs. L'amélioration de nos techniques et l'extension de notre potentiel de gestion des ressources ne peuvent se réaliser que dans le cadre d'une recherche dynamique; c'est pourquoi les crédits de l'État devraient compléter ceux de l'industrie, et encourager la création d'activités spécialisées en matière de combustibles fossiles, dans les universités, les instituts de recherche, les ministères et les sociétés de la Couronne.

La houille blanche

Les aménagements hydroélectriques du Canada ont une longue histoire de succès. Les techniques utilisées sont bien au point, et c'est pourquoi les progrès à venir ne seront sans doute pas sensationnels, tout en restant importants. Il est probable que l'attention des spécialistes s'orientera dans quatre voies différentes:

- l'efficacité du transport à grande distance de l'électricité;
- les perspectives d'environnement des aménagements hydroélectriques et des lignes à haute tension;
- l'innovation en matière de réseaux urbains de distribution (cet aspect concerne l'électricité provenant de toutes les sources);
- et les progrès des moyens d'accumuler l'électricité.

On a déjà aménagé la plupart des emplacements valables d'énergie hydraulique, près des régions de consommation. C'est pourquoi on s'intéresse aux emplacements très éloignés. La première préoccupation des spécialistes est de réduire les pertes en ligne, et il est probable qu'à

l'avenir on utilisera les lignes à différences de potentiel atteignant le mégavolt. Chaque fois que le transport doit se faire sur de très longues distances, sans dérivation, les techniques de transport de courant continu sous des tensions de l'ordre du mégavolt sont attrayantes.

L'effort de R & D peut contribuer largement à concilier les aménagements hydroélectriques et la protection du milieu ambiant. Cependant, l'élaboration d'une solution éventuelle nécessite la résolution complète de nombreux problèmes d'environnement, aux aspects multiples. Il faut qu'on réalise des études à propos des répercussions de la construction des barrages sur l'ample apport en nutriments des eaux prinnantières s'écoulant dans le Golfe du Saint-Laurent, et sur l'appauvrissement possible des pêcheries de ces régions. Il faut qu'on étudie les répercussions climatiques d'une modification notable de l'écoulement des eaux dans des régions étendues du Canada. Il faut, d'autre part, qu'on évalue les avantages potentiels des aménagements hydroélectriques, en matière de lutte contre les inondations, d'irrigation, d'amélioration de la navigation, etc.

La croissance ininterrompue de la population urbaine du Canada nous pousse à innover en matière de réseaux de distribution urbaine d'énergie, que ce soit pour des raisons de rendement ou d'esthétique. On continuera à améliorer les réseaux de distribution souterraine, et à en réduire les frais d'immobilisation, tout comme la taille de l'appareillage et la superficie des postes de transformation. On mènera sans doute des expériences sur les réseaux de distribution souterrains à superconducteurs et à canalisations à isolant gazeux.

L'invention de nouvelles méthodes de stockage de grandes quantités d'électricité accroîtrait le rendement des équipements électriques soumis à des fluctuations saisonnières, hebdomadaires, quotidiennes et particulières. Il est bien possible qu'avant la fin du siècle on emploie de grandes piles à combustibles dans les sous-stations pour satisfaire les pointes de demande, et qu'on fabrique pendant les heures creuses un combustible de remplacement comme l'hydrogène. La mise au point de modèles commerciaux de solénoïdes super-conducteurs ou de grandes chambres à bulles magnétiques pourrait permettre ultérieurement le stockage d'énergie par induction.

C'est l'Institut de recherche de l'Hydro-Québec, à Varennes, qui constitue le point focal des recherches canadiennes en ces domaines. Il serait avantageux que les autres régies hydroélectriques accordent une attention plus manifeste à ces problèmes.

Le ministère fédéral de l'Énergie, des Mines et des Ressources a publié des données relatives à l'énergie hydraulique sauvage (sites non équipés) des diverses provinces. Il est heureux qu'on s'occupe d'améliorer le processus d'évaluation des sites, qu'on maintienne systématiquement un inventaire des ressources hydrauliques, et qu'on chiffre certains facteurs déterminants, tels que le coût du transport de l'énergie.

La filière électronucléaire

Le Canada utilise de plus en plus d'électricité; aussi faut-il que le succès éclatant obtenu par l'Énergie atomique du Canada limitée, dans la mise au point de la première série des réacteurs CANDU, ne soit pas terni par la pénurie de crédits pour leur perfectionnement. Il faut, au contraire, que l'ÉACL s'y consacre afin que notre pays dispose de réacteurs perfectionnés encore plus efficaces, conçus pour utiliser une gamme plus large de nos combustibles nucléaires. Le Canada est l'un des rares pays disposant d'un vaste corps professionnel de spécialistes en ingénierie nucléaire et d'atomistes, et il peut ainsi choisir ses options nucléaires sans l'aide de l'extérieur. Ce potentiel prendra une valeur particulière au cours des prochaines années, car les filières CANDU offrent d'intéressantes perspectives de perfectionnement, qui pourraient être mises à profit dans un avenir prochain.

La filière CANDU n'est pas simplement un réacteur, mais plutôt un cadre conceptuel; il a permis la création d'une installation de production de l'énergie pouvant servir de base aux progrès futurs. Cette filière offre une caractéristique des plus intéressantes: on peut perfectionner peu à peu les cycles de combustion et les circuits caloporteurs sans y apporter de changement radical.

Les spécialistes canadiens en ingénierie nucléaire ont choisi d'utiliser l'eau lourde comme ralentisseur, surtout parce que sa section de capture est presque nulle. C'est le modèle actuel de réacteur CANDU à l'eau lourde qui permettra d'approvisionner en énergie électrique plusieurs régions du Canada au cours de la prochaine décennie. Cependant, il ne faut pas ralentir son perfectionnement. Notre programme électronucléaire devrait progresser sur quatre fronts différents:

- 1° La mise au point d'une version commerciale du réacteur CANDU à caloporteur organique;
- 2° l'expansion de notre potentiel technique pour l'utilisation du thorium comme combustible nucléaire;
- 3° la mise sur pied d'un potentiel d'utilisation du plutonium que nos réacteurs actuels donnent comme sous-produit;
- 4° l'utilisation ultérieure des techniques de fusion thermonucléaire pour fournir des neutrons au réacteur CANDU.

Il faut que nos spécialistes élaborent un programme d'études portant sur le plutonium, en collaboration avec les responsables d'une autre filière nucléaire à eau lourde, le SGWR britannique, réacteur à eau lourde fonctionnant en générateur de vapeur. Une telle concertation des efforts faciliterait l'ouverture de débouchés à l'exportation. La gamme des options que nous pourrions choisir à l'avenir serait fort restreinte si nous ne développions pas notre potentiel dans chacun de ces domaines, et en particulier nous nous limiterions à l'utilisation de nos réserves d'uranium. En outre, nous restreindrions les exportations de réacteurs et d'uranium (lequel, en lui-même, deviendra une marchandise de plus en plus précieuse).

Il faut que nous prenions garde à ce que le programme ne perde

tout son élan. Il faut maintenir un effort permanent de perfectionnement, pour éviter la détérioration de notre potentiel technique, suivie peut-être par une action irréfléchie. Un financement à éclipses augmente les coûts de revient, cause de graves erreurs, et a des répercussions d'envergure. C'est pourquoi il faut que notre effort de R & D continue sa progression régulière vers la mise au point des options choisies.

Il est nécessaire de prendre des décisions rationnelles au sujet du rôle futur de la filière CANDU, et peut-être plus qu'en tout autre domaine.

Au Canada, la mise sur pied des services de recherche et des bureaux d'études sur les diverses phases des techniques auxiliaires du génie nucléaire a obtenu beaucoup moins de succès. Elle se trouve comme enfermée dans un cercle vicieux: Nous ne pouvons créer d'industries auxiliaires du génie nucléaire avant d'avoir un programme de construction d'envergure; cependant, ce dernier dépend quelque peu du potentiel de fabrication et de fourniture de nouveaux produits des firmes canadiennes intéressées. Cette situation exige que les industries auxiliaires disposent elles-mêmes d'un potentiel de R & D. Il est nécessaire que l'État impartisse un plus grand nombre de contrats de R & D à l'extérieur, et qu'il fournisse des crédits supplémentaires à l'ÉACL pour lui permettre de conserver les chercheurs nécessaires à l'orientation et à la surveillance des efforts de R & D des firmes industrielles. Toute négligence en ce domaine entraînerait une diminution de la part canadienne dans la fabrication de nos propres réacteurs, et un accroissement de notre dépendance à l'égard de l'étranger pour certains matériaux ou pièces indispensables.

Citons, par exemple, l'absence de potentiel technique satisfaisant pour les turbines à vapeur. Les besoins en matériels et en services dans ce domaine stratégique ont atteint une ampleur suffisante pour justifier la mise sur pied d'un potentiel spécialisé.

En proposant que l'État donne plus d'importance aux centrales électronucléaires dans le secteur énergétique du Canada, nous sommes parfaitement conscients des préoccupations que soulèveront la sécurité des installations nucléaires et les risques d'irradiation de la population. C'est pourquoi nous estimons qu'au cours des prochaines années il faudrait apporter quelques changements à l'organisme compétent chargé de réglementer les activités canadiennes en matière nucléaire, la Commission de contrôle de l'énergie atomique.

La multiplication des centrales électronucléaires et l'insistance croissante du public à participer à leur réglementation entraîneront trois conséquences importantes pour le fonctionnement de la CCEA:

1° Un accroissement considérable de la charge de travail que la Commission et son personnel doivent accomplir. Le Canada dispose actuellement de six ou sept réacteurs électronucléaires en fonctionnement, et quatre autres sont en construction; à la fin du siècle, le nombre des réacteurs canadiens pourrait dépasser cent, et certains d'entre eux seraient à la veille peut-être de leur mise au rancart.

2° L'insistance croissante pour la tenue d'enquêtes publiques dans le cadre du processus normal de délivrance des permis d'exploitation. Cette nécessité augmentera certainement la charge de travail de la Commission, mais elle aura également une importante fonction d'éducation du public.

3° L'insistance croissante pour que la Commission accroisse l'activité de recherche canadienne en matière de répercussions biologiques et sanitaires de l'irradiation. Cette exigence nécessitera un changement d'orientation des programmes de financement de la recherche menés à bien par la Commission. Actuellement, celle-ci finance la recherche sur la structure des noyaux, et en physique des hautes énergies; le CNRC pourrait prendre sa relève, et ainsi la Commission pourrait axer son attention sur les répercussions biologiques de l'irradiation, et les études de sécurité des centrales nucléaires et du choix de leur emplacement. La CCEA ne dispose en propre d'aucun laboratoire, et ne devrait pas chercher à s'en procurer. Il faudrait plutôt lui fournir les crédits nécessaires pour lui permettre d'impartir l'élaboration et la réalisation des programmes de recherche aux laboratoires existants des organismes officiels et des établissements d'enseignement.

Nous voulons faire une observation très importante à propos de la sécurité des installations nucléaires. Les participants aux débats publics ont tendance à mettre dans le même sac tous les genres de réacteurs nucléaires, car ils estiment qu'ils sont foncièrement les mêmes, donc sujets aux mêmes risques. Cette opinion est erronée. Les problèmes que peut éventuellement poser un réacteur à cuve sous pression tel que l'*American Light Water Reactor* sont de nature et d'ampleur tout à fait différentes de ceux que pourraient poser un réacteur à tubes de force comme le CANDU. C'est se fourvoyer que de croire que les risques éventuels des réacteurs étatsuniens à cuve sous pression affecteront automatiquement les réacteurs CANDU; ce n'est pas le cas. Nous devons cependant nous soucier des pertes d'isotopes radioactifs, de la sécurité des réacteurs, et des possibilités de vols de matériaux nucléaires et de sabotage, des pertes de chaleur et de la gestion à long terme des déchets radioactifs, tous problèmes auxquels nous devons activement chercher des solutions valables.

Outre ces questions internes de sécurité des installations nucléaires et de protection contre l'irradiation, les projets de vente du réacteur CANDU à l'étranger ont causé des critiques sévères et inquiètes. La raison en est le détournement du plutonium fabriqué par un réacteur de conception canadienne pour la mise en œuvre d'un programme d'explosifs nucléaires. Les possibilités de prolifération internationale des armements nucléaires projettent des lueurs inquiétantes sur notre programme d'exportation et sur celui d'autres pays. Le monde a besoin de l'énergie que pourrait lui procurer la fission nucléaire; il nous faut donc concevoir et mettre en œuvre les mécanismes sécuritaires qui empêcheront l'expansion du potentiel mondial de conflagration nucléaire.

L'énergie thermonucléaire

Certains soutiennent qu'à court terme les problèmes d'approvisionnement énergétique du monde seront résolus, parce que la fusion thermonucléaire nous procurera une quantité pratiquement infinie d'énergie très peu coûteuse. D'autres soulignent qu'on n'a pas encore prouvé expérimentalement la faisabilité de la production ininterrompue d'énergie grâce aux réactions thermonucléaires, et qu'il n'existe aucune certitude qu'on y parviendra avant l'an 2000.

La mise sur pied des centrales thermonucléaires ne se produirait éventuellement que bien des années après la preuve expérimentale de leur possibilité, qui actuellement n'est que théorique. Même si nous pouvions régler la production d'énergie des réactions thermonucléaires, l'étude technique de l'enceinte de sécurité et les problèmes de conception architecturale posés par des températures et des intensités d'irradiation neutronique auxquelles on ne s'est pas encore attaqué retarderaient la mise en œuvre de ces centrales thermonucléaires jusqu'au vingt et unième siècle au moins. Selon un partisan éminent de l'énergie thermonucléaire: « les évaluations actuelles montrent la possibilité qu'un programme concerté et dynamique permette l'utilisation pratique de l'énergie thermonucléaire vers l'an 2000, et qu'elle contribue notablement à la production d'électricité vers 2020 ». C'est là une opinion fort optimiste.

Le Canada ne peut pas attendre que les centrales thermonucléaires résolvent ses problèmes énergétiques et ne peut y consacrer, seul, les nombreux milliards de \$ qui seraient nécessaires pour mettre cette technologie à l'essai et au point. Dans ces conditions, nous devrions nous assurer une place dans la recherche thermonucléaire, en collaborant avec les organismes intéressés, tels ceux des États-Unis, de l'Europe, et peut-être de l'Union soviétique, et en nous chargeant d'accomplir les recherches sur un aspect particulier du programme global. Notre contribution pourrait nous coûter plusieurs millions de \$ au cours des cinq premières années. Cet investissement serait extrêmement profitable, à long terme, s'il nous donnait ainsi accès à l'ensemble de la technologie thermonucléaire. D'un autre côté, dans l'état actuel de nos connaissances, on ne doit pas considérer cette entreprise autrement qu'un pari.

Nous pouvons esquiver largement les pertes possibles en concentrant notre effort sur un aspect des techniques thermonucléaires qui pourrait donner des retombées fructueuses pour l'industrie canadienne. La technologie des matériaux figure sur la liste des problèmes posés par la fusion thermonucléaire, et elle constituerait un terrain de recherche idéal pour le Canada. Notre pays pourrait bien lancer un ou deux programmes d'étude des métaux et des matériaux devant résister aux hautes températures et aux flux neutroniques intenses. L'étroite coordination de ces programmes avec les travaux entrepris par l'ÉACL et notre industrie nucléaire accroîtrait largement notre potentiel technique en matière de matériaux, et permettrait à notre pays de tenir son rang dans l'effort mondial de recherche thermonucléaire. C'est la collaboration spécialisée à un programme de recherche international qui semble l'op-

tion la plus valable pour le Canada. Nos programmes nationaux pourraient accroître notre potentiel technique électronucléaire, et en même temps aider l'industrie de construction des matériaux en général. Parallèlement au déroulement de ces programmes, il faudrait que les industries auxiliaires fassent un effort pour développer leur potentiel d'utilisation des résultats de ces recherches, afin de créer des entreprises canadiennes lucratives.

Nous devrions laisser aux autres nations la charge d'accomplir un effort de R & D dans les autres domaines de la recherche thermonucléaire, jusqu'à ce que les méthodes soient élaborées, essayées et bien assises, tout en surveillant l'évolution générale. Il faudrait qu'une ou deux équipes canadiennes d'ingénieurs et de physiciens des plasmas soient chargés de surveiller les progrès réalisés à l'étranger. L'ÉACL dispose d'un tel potentiel technique, et on devrait l'engager à le maintenir disponible. De plus, certaines universités se sont déjà intéressées à ce domaine, et particulièrement à la physique des plasmas. Il faudrait donc qu'un organe coordonne et harmonise les travaux canadiens en physique des plasmas, afin d'assurer qu'ils progressent de façon uniforme, et qu'ils reçoivent un financement suffisant. Il semble qu'un groupe de travail nommé par le ministre d'État aux Sciences et à la Technologie pourrait tracer les grandes lignes du programme futur de R & D thermonucléaire. Nous pensons qu'elles seraient similaires à celles que nous avons ébauchées.

De plus, on a proposé d'axer également nos efforts sur le perfectionnement des techniques du rayonnement laser. Ce serait peut-être avantageux, mais il semble improbable que la mise au point de lasers utilisables dans le domaine thermonucléaire puisse avoir des retombées industrielles intéressantes; c'est pourquoi nos spécialistes devraient concentrer leurs efforts de recherche sur la technologie des matériaux; de plus, les connaissances acquises en cette matière seront indispensables pour la réalisation de plusieurs modèles thermonucléaires. Dans son état actuel, le laser TEA-CO₂ a été mis au point par l'établissement du Conseil de recherches pour la défense, à Valcartier. Le Conseil maintient un potentiel de recherche en ce domaine. Ultérieurement, c'est surtout la valeur d'échange de la technologie des lasers, dans le cadre général des recherches thermonucléaires, qui décidera de l'effort futur de R & D en technologie des lasers.

Sources énergétiques supplémentaires

Notre secteur énergétique fonctionne actuellement grâce aux combustibles fossiles, à la houille blanche et à l'énergie électronucléaire. L'importance des deux premières filières déclinera graduellement pendant que celle de la dernière s'accroîtra fortement. Il faut considérer la mise en œuvre d'autres sources énergétiques complémentaires. Ce sont le rayonnement solaire, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, et l'énergie des marées; de plus, il faut étudier l'utilisation énergétique de l'hydrogène et la transformation directe des formes d'énergie. Toutes ces

filières sont possibles, bien qu'aucune d'entre elles ne soit largement utilisée actuellement. Certaines ont une importance à l'échelle du pays, d'autres à l'échelle de la région. Au cours du prochain quart de siècle, aucune de ces filières n'acquerra la prédominance dans le secteur énergétique, mais la combinaison de plusieurs filières pourrait leur permettre de faire une contribution notable à l'approvisionnement énergétique. Actuellement, peu d'entre elles pourraient livrer concurrence aux filières traditionnelles, mais il est probable que cette situation changera au fur et à mesure que l'énergie des sources traditionnelles deviendra plus coûteuse.

Le rayonnement solaire

Le globe terrestre reçoit du soleil un apport énergétique 5 000 fois plus grand que la quantité d'énergie qui sera utilisée par l'Humanité en l'an 2000. Avant d'être reflété dans l'espace sous forme de chaleur, cet apport énergétique anime quatre grands cycles naturels: 1° le cycle hydrologique, 2° les courants marins, 3° la circulation atmosphérique et 4° le cycle biologique, dont le fonctionnement a donné les combustibles fossiles, et continue de fournir les aliments et les fibres textiles. Nous discuterons plus loin des filières énergétiques utilisant ce cycle, et nous concentrerons maintenant notre attention sur le rayonnement solaire.

L'ensoleillement varie selon la latitude, la nébulosité et la saison. Plus de 90 pour cent de la population canadienne vit au-dessous du cinquantième degré de latitude nord, où l'irradiation solaire moyenne atteint 150 W/m^2 ; mais l'irradiation en juin est de quatre à huit fois plus forte qu'en décembre. Bien que cette énergie soit abondante, sa diffusion rend sa capture difficile; en même temps, sa variabilité nécessite l'utilisation d'un moyen de stockage de l'énergie ou l'association d'une autre source d'énergie au récepteur d'énergie solaire.

L'effort de R & D peut suivre un certain nombre de voies intéressantes pour la mise au point des récepteurs de rayonnement solaire: le récepteur photothermique, le récepteur photovoltaïque, le récepteur à photosynthèse et le récepteur à photolyse. Cependant, les deux premiers seront probablement les transformateurs principaux du rayonnement solaire au cours du XXI^e siècle. L'imagination audacieuse est stimulée par les grands projets coûteux de centrales électrosolaires, mais l'utilisation des récepteurs solaires individuels pour le chauffage et la climatisation des locaux et le chauffage de l'eau domestique mérite une attention immédiate et soutenue. On étudie actuellement les collecteurs plats placés sur les toits ou les murs extérieurs des maisons; ils permettent d'accumuler une chaleur qui est transportée, grâce à un fluide quelconque, pour servir au chauffage des locaux et de l'eau, pour faire fonctionner une unité de climatisation ou pour être accumulée pour utilisation ultérieure. Il est nécessaire d'équiper la maison solaire d'une source auxiliaire d'énergie traditionnelle, afin d'éviter d'avoir à construire un récepteur surdimensionné d'énergie solaire pour contrebalancer les longues périodes de temps couvert (cependant cette méthode néces-

site l'achat d'équipement supplémentaire). Les calculs récents indiquent que l'énergie solaire pourrait fournir 40 pour cent des besoins en chauffage et climatisation des logements, c'est-à-dire environ huit pour cent du total de l'énergie utilisée au Canada; elle permettrait une économie au cours de la durée utile de la maison, par comparaison au chauffage électrique ou au chauffage au mazout ou au gaz, même dans l'état actuel de la technique. Cependant, ces chiffres varient selon l'emplacement géographique de la maison, son cadre urbain ou rural, et d'autres facteurs.

L'utilisation de l'énergie solaire dans notre pays permettrait de réduire la pollution, d'économiser les combustibles fossiles, de réduire les frais de chauffage et de climatisation, et de créer des emplois dans une industrie canadienne du chauffage solaire.

Notre potentiel technique d'utilisation du rayonnement solaire a atteint le niveau de développement où en était l'énergie électronucléaire un peu avant 1950. Nous savons que l'entreprise est réalisable et qu'elle serait avantageuse, mais nous n'avons pas encore sérieusement pensé à nous y mettre. On connaît des techniques de collecte et de stockage de l'énergie, mais elles sont coûteuses. Ce qui est plus grave, c'est que nous n'avons pas d'organismes chargés de guider le développement de l'énergie solaire jusqu'au stade de filière énergétique.

Non seulement manquons-nous d'organismes nécessaires pour encourager la mise au point de nouvelles techniques nous permettant l'utilisation du rayonnement solaire, mais nos industries et nos universités ont à peine commencé à mettre sur pied le potentiel technique indispensable à une telle entreprise. La filière solaire ne deviendra réalité commerciale que grâce à la conjonction d'un effort de recherche et de développement technique avec l'esprit d'entreprise industrielle. Il faut aussi la participation d'un autre acteur, car il semble préférable qu'au Canada l'énergie solaire soit utilisée tout d'abord pour le chauffage des domiciles. Il faut donc que l'industrie du bâtiment participe directement à cet effort, afin que les techniques mises au point ne restent pas dans les dossiers des bureaux d'études, ou que leur emploi soit restreint par les stipulations périmées des codes de la construction et des réglementations du bâtiment.

Bien que le coût des récepteurs d'énergie solaire et du matériel de transformation limite l'utilisation du rayonnement solaire pour la production d'électricité, il se peut que cette source d'énergie soit compétitive avec les sources actuelles pour le chauffage des locaux et de l'eau pour utilisation domestique, et peut-être pour la climatisation. Il est cependant indispensable de faire des essais pour déterminer la possibilité de son utilisation dans le climat canadien. Cependant, l'utilisation domiciliaire de l'énergie solaire doit surmonter trois obstacles de nature organique: Premièrement, il faut disposer d'un potentiel assez poussé d'ingénierie, capable de combiner les paramètres locaux de climat, d'isolation, de coût du combustible et de frais d'immobilisation pour le chauffage et l'isolation, afin d'utiliser opportunément la filière solaire et les filières

énergétiques traditionnelles, et de comparer les dépenses d'isolation thermique avec les dépenses énergétiques. Deuxièmement, le cortège des intéressés, concepteur, constructeur, prêteur, utilisateur, n'est guère averti de l'utilisation efficace du rayonnement solaire, et il faudra le mettre au courant grâce à des installations de démonstration financées par l'État. Troisièmement, c'est généralement le constructeur, et non le donneur d'ordres, qui choisit le mode de chauffage; comme à son point de vue un faible coût initial a souvent plus d'importance que le coût cumulatif au cours de la vie utile, il ne fait aucune installation de chauffage solaire. Il faut que l'État rompe ce cercle vicieux en fournissant des incitations financières, et qu'on crée des compagnies de services publics qui installeraient des chauffages solaires dans les domiciles, et n'exigeraient qu'un loyer pour leur utilisation.

Il faut accorder une attention spéciale à la création d'un potentiel poussé d'ingénierie solaire, que les architectes et les constructeurs pourraient aisément consulter, à la mise en œuvre de programmes de mise au courant et de démonstration, et à l'élaboration d'incitations et de normes de rendement pour le chauffage solaire des domiciles et des locaux commerciaux. Sinon, les nouveaux logements construits pour les Canadiens gaspilleraient plus d'énergie qu'il n'est nécessaire. L'innovation en ce domaine serait favorisée par une période d'activité intense dans le bâtiment.

L'intérêt que partout l'on accorde aux formes de récepteurs d'énergie solaire (par exemple aux États-Unis et au Japon) favorisera l'amélioration des techniques correspondantes; et, au cours des décennies qui viennent, il est très probable que l'énergie solaire pourra compléter les sources d'énergie actuelles. Le rendement économique des récepteurs d'énergie solaire s'améliore, tandis que le prix des combustibles fossiles s'accroît; ainsi, les coûts de ces divers modes de chauffage deviendront comparables. La création d'un centre canadien de l'énergie solaire permettrait d'harmoniser notre effort avec celui d'autres nations, et de surveiller l'apparition de progrès étrangers qu'on pourrait avec avantage adapter aux conditions climatiques du Canada. Il faut qu'en même temps l'on accroisse l'effort de recherche fondamentale, et qu'on s'efforce de mettre sur pied un potentiel technique afin de rechercher de nouvelles méthodes d'utilisation de l'énergie solaire. Jusqu'à présent, l'ampleur des efforts universitaires en ce domaine a été très insuffisante, et l'industrie n'a rien entrepris.

L'énergie de la matière organique

L'utilisation de l'énergie accumulée dans les végétaux par photosynthèse est aussi vieille que l'humanité. L'intérêt qu'on porte à l'utilisation de l'énergie de la matière organique s'accroît, en raison de l'adoption graduelle d'un crédo de modération, et aussi de la quantité formidable de déchets organiques qui s'accumulent dans notre milieu de vie. On ne s'intéresse pas seulement à la combustion des matériaux végétaux, mais

aussi à leur transformation en hydrocarbures synthétiques, de plus forte énergie potentielle.

Trois raisons au moins rendent attrayante la synthèse d'hydrocarbures liquides ou gazeux, ou la production d'hydrogène grâce à la matière organique. Premièrement, la quantité de combustibles synthétisables pourrait être très importante (et dépasser par exemple 5 pour cent de la consommation énergétique actuelle du Canada). Deuxièmement, ces combustibles sont de la sorte la plus souhaitable: ils proviennent de ressources renouvelables, et ne contiennent que des traces de polluants tels que le soufre. Troisièmement, leur synthèse permettrait de réduire le volume des déchets à éliminer, ce qui est un avantage important.

De certaines façons, nous utilisons les matériaux végétaux avec moins d'efficacité que nos ancêtres. Le bon marché apparent des combustibles fossiles nous a fait croire que les sous-produits de l'agriculture et de l'exploitation forestière étaient des déchets à rejeter. Il faut que nous abandonnions ce préjugé.

Certains ont proposé qu'on utilise le bois sec pour la production d'électricité dans des centrales thermiques, et d'autres ont cité l'utilisation énergétique des roseaux qui peuvent être fauchés dans les marécages du Manitoba. Bien que certaines cultures énergifères puissent être peu coûteuses et concurrencer les combustibles fossiles pour la production d'électricité, les autres utilisations sont actuellement plus attrayantes. C'est pourquoi il faudrait accorder de l'intérêt à l'étude des cultures destinées à alimenter les centrales thermiques; de plus, il serait possible de multiplier énormément l'énergie produite à l'hectare, grâce à l'utilisation d'algues poussant dans les eaux riches en nutriments, si l'on pouvait les récolter et les sécher à faible coût. Nous ne disposons pas de moyens techniques efficaces pour récolter le plancton, ce qui est dommage, car l'énergie qu'on peut en tirer serait comparable à celle du pétrole coûtant 11 \$ le baril environ. Il faut pourtant comparer les avantages qu'on peut tirer de la matière organique, d'une part sous forme d'aliments, et d'autre part sous forme d'énergie. On peut utiliser d'autres formes d'énergie pour fabriquer des aliments. Ainsi faudra-t-il faire un choix décisif en matière de technologie de la matière organique, et considérer tout d'abord les progrès réalisables en agriculture.

De plus, l'utilisation énergétique des plantes cultivées à grande échelle doit obéir aux stipulations d'une utilisation rationnelle du territoire et de protection du milieu environnant.

Pourrons-nous bientôt réaliser certains espoirs d'utilisation énergétique de la matière organique? Il nous faut alors mettre en œuvre un programme de R & D sur cette utilisation, afin d'étayer les programmes de développement éventuels de l'industrie. Il permettrait également de faire des recherches permanentes et d'élaborer les grandes lignes d'entreprises comme la culture des algues et des divers végétaux énergifères, d'étudier celle des organismes unicellulaires pour la production de protéines et la photosynthèse artificielle, tous sujets qui pourraient servir de thèmes à la mise sur pied d'un programme de développement.

Il faudrait consacrer plusieurs millions de \$ aux programmes d'études des filières énergétiques de la matière organique, en raison des grandes quantités d'énergie non polluante, et renouvelable, qu'on pourrait en tirer, ainsi que du soulagement aux problèmes d'élimination des déchets et finalement de l'apport notable aux industries alimentaires et chimiques sous forme de matières premières, qui en résulteraient. Il faut remarquer que certaines régions septentrionales du Canada conviennent mieux que d'autres, plus méridionales, pour la production abondante des celluloses communes.

L'effort de R & D sur les utilisations nouvelles des cultures végétales pourrait produire des dividendes dans des domaines ni énergétiques, ni alimentaires. L'industrie forestière commence à s'intéresser à l'utilisation des fibres ligneuses comme matière première de l'industrie chimique, en raison de la hausse du prix du pétrole. D'autre part, l'algoculture permettrait, non seulement de produire de l'énergie, mais aussi d'abondantes moissons de protéines, qui pourraient remédier à la pénurie mondiale qui s'annonce.

L'Institut de l'énergie biochimique (*Biomass Energy Institute*) de Winnipeg pourrait constituer l'embryon d'un organisme de coordination des efforts en ce domaine.

L'énergie tirée des déchets

La quantité d'énergie qu'on pourrait tirer des déchets rejetés actuellement est étonnamment grande.

Les spécialistes du ministère albertain de l'Agriculture ont calculé que la fermentation du fumier produit par le bétail de la province pourrait produire, à elle seule, 6 pour cent de la quantité de gaz consommé en Alberta. Les statistiques de 1971, concernant le Canada, indiquent qu'il serait possible d'alimenter en carburant tous les tracteurs, camions et automobiles des exploitants agricoles, de chauffer leurs maisons, et de fournir l'électricité qui leur est nécessaire grâce au tiers du méthane que pourraient produire les déchets de culture, ou au cinquième de celui qu'on pourrait tirer du fumier. Les gadoues restantes pourraient être utilisées comme en engrais non fermentescible, et sans odeur.

La combustion des ordures municipales pourrait produire une énergie considérable. Certaines villes européennes sont chauffées partiellement grâce à la vapeur produite par l'incinération des ordures ménagères. D'un autre côté, si l'on vendait les hydrocarbures et le noir animal, obtenus grâce à ces procédés de transformation, comme carburants ou comme matières premières de l'industrie chimique, l'élimination des ordures pourrait être payante; ce serait un changement bienvenu car, actuellement, cette élimination coûte de l'argent aux administrations municipales, et suscite des tiraillements entre celles-ci et les autorités des régions où l'on entrepose les déchets. Si la municipalité décide de soumettre des ordures ménagères à une fermentation, laquelle coûte à peu près autant que l'incinération, mais ne produit aucune pollution

atmosphérique, elle pourra vendre les gaz produits, plus un résidu plus léger, plus compact et plus propre, et qui s'affaisse moins quand on l'emploie en remblai. Il faudrait qu'on récupère les matériaux recyclables avant d'incinérer les ordures, car cette mesure peut entraîner une économie d'énergie.

Il est aussi possible d'utiliser sur place les ordures ménagères: on dessine actuellement, à Toronto, un immeuble de 300 appartements dont l'alimentation en eau chaude sera assurée par la combustion de ses propres ordures.

Ces filières énergétiques sont-elles concurrentielles? La fabrication d'hydrocarbures à partir d'ordures ménagères pourrait déjà coûter moins cher que leur entassement dans un dépotoir. La mise au point d'un traitement des ordures pour produire de l'énergie sera certainement encouragée par la flambée récente du prix des produits pétroliers, et par les perspectives d'autres augmentations. Les firmes privées pourraient jouer un rôle important en cette matière, dans le cadre d'un réseau bien organisé de ramassage, de traitement et de transformation des ordures. L'absence de progrès en ce domaine est probablement due à l'éparpillement des points de production des ordures, et à la difficulté et au coût du ramassage qui en résultent. Un autre facteur décourageant est l'absence d'organismes spécialisés s'occupant de rendre le ramassage, la transformation et la distribution plus efficaces.

La multiplication des parcs d'élevage facilite le ramassage des déjections animales; il faut cependant que les agriculteurs contribuent aux frais initiaux d'installation de l'équipement de transformation, ainsi qu'à la distribution rationnelle de l'énergie produite. Au contraire, les municipalités canadiennes disposent, en général, de bons services de ramassage des ordures, mais elles ne s'intéressent guère à la production et à la distribution de l'énergie qu'on peut en tirer.

Quelles seraient les répercussions de la transformation énergétique des ordures ménagères et des déchets agricoles? Disons qu'en gros la transformation de 2,25 kg (cinq livres) de déchets organiques séchés par Canadien et par jour pourrait satisfaire de 3 à 4 pour cent de nos besoins énergétiques. Cette proportion passerait à 6 ou 7 pour cent si on traitait aussi les déchets de culture et les déjections animales; il serait également possible de traiter les déchets d'exploitation forestière et les résidus des eaux d'égouts, qui ne sont pas utilisés actuellement.

Il faut que le principal effort de R & D actuel porte, non sur la recherche fondamentale, mais sur des programmes entrepris avec décision pour transformer les vieilles habitudes d'élimination des déchets, et pour mettre sur pied des services efficaces de « récupération des matériaux énergétiques, traitement et distribution de l'énergie produite ». Il y a plusieurs façons de concevoir ces programmes, et deux de leurs aspects méritent attention: La mise en œuvre d'un programme rural de récupération énergétique permettrait le recyclage des déchets de culture, des déjections animales et des déchets d'exploration forestière; le programme urbain correspondant permettrait de financer et d'encourager

la création d'entreprises de démonstration pour l'utilisation des moyens locaux de chauffage, particulièrement dans les agglomérations toutes nouvelles, et faciliterait la transition entre la filière énergétique existante et une nouvelle filière. La Commission de la Capitale nationale dispose ainsi d'une occasion exceptionnelle de frayer la voie au recyclage énergétique des déchets; les projets-pilotes qu'elle mettrait en œuvre constitueraient un exemple d'ingéniosité et d'esprit pratique, que de nombreuses villes canadiennes pourraient suivre.

Le financement d'une telle action ne serait pas nécessairement coûteux. En effet, l'intérêt évident que les divers paliers administratifs, les individus et les entreprises accordent à l'utilisation des déchets multiplierait les moyens d'action disponibles.

L'énergie éolienne

La caractéristique principale de l'énergie éolienne est la variabilité des vents, et donc de l'énergie produite; il est en conséquence nécessaire de disposer de moyens de stockage de l'énergie, ou d'un branchement à un réseau énergétique. Le coût de l'énergie éolienne est deux ou trois fois plus élevé que celui de l'énergie traditionnelle dans les régions peuplées du Canada; il comprend surtout les frais d'amortissement du matériel de production et de stockage de l'énergie. Dans les régions isolées, cependant, cette situation se trouve facilement inversée, particulièrement si le coût d'achat et de transport des combustibles traditionnels s'accroît, et que les techniques de stockage de l'énergie s'améliorent.

La puissance des installations éoliennes va de quelques centaines de watts à plusieurs centaines de kilowatts, et l'on dresse les plans de génératrices d'une puissance dépassant le mégawatt. Le meilleur moyen de stockage dont nous disposons actuellement paraît être l'accumulateur chimique; cependant, il faudrait le perfectionner techniquement et réduire le coût du stockage de l'électricité pour qu'une grande installation puisse utiliser le vent comme seule source énergétique. Un autre moyen de stockage prometteur consiste dans l'électrolyse de l'eau pour la production d'hydrogène, lequel est emmagasiné et utilisé ultérieurement dans des piles à combustible. Ce processus est coûteux, mais prometteur; on peut également accumuler l'énergie sous forme d'air comprimé ou pomper de l'eau dans un réservoir supérieur, pour utilisation ultérieure. Le perfectionnement de la technique des volants d'inertie pourrait conduire à la mise au point d'une forme intéressante de stockage mécanique de l'énergie.

Les spécialistes canadiens devraient surveiller soigneusement les progrès réalisés en matière de stockage énergétique, et notre gouvernement devrait soutenir la mise au point des grandes éoliennes et favoriser la construction d'installations-pilotes.

Il se peut que l'énergie éolienne soit préférable à l'utilisation des moteurs diesel pour la production d'électricité dans les régions septentrionales. On étudie l'addition de génératrices éoliennes pour la fourni-

ture d'électricité à des réseaux locaux fonctionnant déjà à l'aide de génératrices diesel.

Enfin, il faudrait améliorer et classer des données météorologiques actuelles, afin d'évaluer le potentiel éolien d'emplacements particuliers; les instituts climatiques et aérospatiaux pourraient effectuer cette tâche sans trop de difficulté, s'ils étaient financés suffisamment.

L'énergie géothermique

Il y a longtemps que dans certains pays on utilise les geysers et les fumerolles pour le chauffage et la production d'électricité. Cependant, on ne s'est guère intéressé aux sources géothermiques moins apparentes, et les techniques indispensables ne sont pas encore mises au point.

On peut classer les ressources géothermiques sous trois rubriques principales*: La première est celle des gisements de vapeur surchauffée, dont la température atteint et dépasse 100° Celsius. Ils n'existent que dans les régions de volcanisme récent; tous les aménagements électro-géothermiques réalisés dans le monde sont installés dans ces régions. Certains gisements de vapeur de la Colombie-Britannique et du Yukon se classent dans cette catégorie.

Les gisements géothermiques de la seconde catégorie se trouvent dans les régions où le gradient géothermique dépasse à peine la moyenne; en conséquence, ils constituent surtout des sources d'eau chaude pour le chauffage des logements (comme à Reykjavik) et pour utilisation industrielle, tels le traitement des pâtes à papier, le chauffage des serres, etc., plutôt que pour la production d'électricité. Certaines régions canadiennes, outre la chaîne côtière des Montagnes Rocheuses, offrent des perspectives intéressantes, comme la région de Lillooet en Colombie-Britannique, celle de l'Île de Sable au large de la Nouvelle-Écosse, et celle des champs gazifères profonds dans le Nord-est de la Colombie-Britannique.

Les gisements géothermiques de la troisième catégorie se présentent sous la forme de massifs de roches chaudes enfouis profondément dans des régions de gradient géothermique normal.

Beaucoup croient que l'énergie géothermique n'est pas polluante, mais cette opinion est erronée. De plus, comme les sources d'énergie géothermique les plus facilement aménagées sont situées dans des régions d'instabilité corticale, les forages nombreux des centrales électro-géothermiques, les ouvrages pour le stockage de l'énergie et les lignes de transport d'électricité sont exposés à subir des dégâts.

L'analyse préliminaire des études de faisabilité économique des aménagements de la Californie et de l'Islande montre que les centrales électro-géothermiques pourraient livrer concurrence aux centrales hydro-électriques et électronucléaires.

Actuellement, on ne mène que bien peu de recherche sur les tech-

* A.M. Jessop, « Geothermal Energy », étude réalisée pour le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Note 173-1.

niques géothermiques avancées au Canada. Notre pays devrait surveiller les progrès qui sont réalisés à l'étranger, aux États-Unis et en Italie, par exemple, plutôt que de mettre en œuvre un programme de développement de ces techniques. Cependant, il faudrait en outre que nos scientifiques accumulent des connaissances sur l'emplacement, l'évaluation et l'inventaire des ressources géothermiques canadiennes. Il nous faut combler cette lacune dès maintenant, et acquérir à l'étranger les techniques existantes, ou celles qui deviendront disponibles et utilisables, et les exploiter.

Le ministère canadien de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et la Commission hydroélectrique de la Colombie-Britannique effectuent actuellement un inventaire des ressources géothermiques. Il faudrait accomplir un effort plus poussé et mieux concerté afin d'acquérir l'information indispensable à la prise des décisions gouvernementales et industrielles en matière d'aménagement électrogéothermique. La levée de cet obstacle permettra le progrès.

D'un autre côté, il faudrait que les autorités publiques promulguent une réglementation uniforme de l'utilisation de nos ressources géothermiques, car l'absence de directive en cette matière freinerait sérieusement la mise en exploitation de l'énergie géothermique canadienne*.

L'énergie des marées

Il y a bien des siècles qu'on utilise la force marémotrice pour fournir de l'énergie mécanique aux petites localités maritimes. Les installations marémotrices fournissaient de 30 à 100 chevaux (de 20 à 75 kW environ). Cependant, la mise en œuvre de nouvelles sources d'énergie avait considérablement réduit l'intérêt qu'on accordait à l'énergie marémotrice.

La recherche de sources énergétiques de remplacement a incité les spécialistes à s'intéresser à nouveau aux marées. Les scientifiques canadiens n'y ont pas fait exception. Si l'on envisage un rendement énergétique de 20 pour cent, l'utilisation de tous les emplacements disponibles dans les provinces maritimes permettrait de produire 51 térawatts-heures par an (1 TWh = 10^{12} Wh). Cette quantité est six fois plus forte que la quantité d'énergie produite par le *Maritime Power Pool*, et équivalente à la consommation projetée pour le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'Île du Prince-Édouard en l'an 2000. Théoriquement, l'aménagement systématique des emplacements marémoteurs pourrait fournir la plupart des besoins énergétiques de la Commission d'énergie électrique des Provinces maritimes au cours de ce siècle.

Malheureusement, le pouvoir marémoteur est intermittent et, en outre, la pointe de puissance ne coïncide pas toujours avec les pointes de la demande. Cette caractéristique nécessite l'utilisation d'ouvrages de stockage de l'énergie, et rend les aménagements marémoteurs bien plus coûteux.

* Au moins une administration provinciale a promulgué une réglementation en matière de propriété et de mise en valeur des ressources géothermiques.

Il y a quelques années, la comparaison économique des différents moyens de production d'électricité n'était guère favorable à l'énergie marémotrice. Mais la situation a changé récemment, et il faudrait reconsidérer les avantages économiques de certains aménagements marémoteurs.

Il faudrait, dans de tels cas, prendre en considération l'utilisation multiple des barrages marémoteurs, lesquels offrent des avantages sociaux tels qu'un passage pour les routes, les voies ferrées ou les câbles de force motrice. Il faudrait effectuer, très à l'avance, des prospectives à long terme de ces aménagements, avant toute prise de décision sur leur construction.

L'hydrogène, vecteur d'énergie

L'attention des scientifiques a été attirée sur les combustibles de synthèse par les craintes qu'on entretient au sujet de l'épuisement à long terme des produits pétroliers, et par le désir de découvrir de nouveaux moyens de stocker l'énergie.

L'attention des scientifiques se porte de plus en plus sur l'hydrogène comme l'un des vecteurs principaux de l'énergie à l'avenir. Au fur et à mesure que la croissance des réserves de gaz naturel se ralentira et que celles de pétrole se réduiront, on intensifiera les recherches pour un combustible de remplacement, qui serait transportable et de faible encombrement.

Dans bien des cas, on peut remplacer le gaz naturel par l'hydrogène: Les techniques actuelles permettent de l'utiliser dans les moteurs d'automobiles et d'avions; on peut le transporter sur de longues distances à un coût moindre que l'électricité; on peut l'oxygéner dans des piles à combustible, afin d'obtenir de la chaleur ou de l'électricité pour utilisations domiciliaire et commerciale. Les techniques de fabrication de l'hydrogène par électrolyse sont bien connues, et c'est même une firme canadienne qui détient la prédominance mondiale en ce secteur. Comme les centrales électronucléaires pourraient servir à la fabrication d'hydrogène, la mise en œuvre de notre programme électronucléaire nous donnerait les moyens de fabriquer de l'hydrogène comme sous-produit.

Le principal inconvénient de l'hydrogène est son faible pouvoir calorifique, soit seulement le tiers de celui du gaz naturel; heureusement, sa faible viscosité lui permet de remplacer le gaz naturel sans qu'il soit nécessaire d'augmenter notablement la section des canalisations. Un autre inconvénient de l'hydrogène est que les techniques actuelles ne nous permettent d'en tirer qu'un faible rendement énergétique.

Il faut que les spécialistes canadiens surveillent l'apparition de nouveautés en matière de fabrication, de transport et de stockage de l'hydrogène. Dès maintenant, nous pouvons fabriquer de l'hydrogène, mais nous n'avons pas encore exécuté les études indispensables pour obtenir des données valables sur les coûts de la fabrication industrielle et son rendement. Ce n'est que quand nous disposerons d'une informa-

tion complète sur les divers procédés que nous pourrions discerner les possibilités économiques de l'hydrogène en tant que combustible synthétique. Si nous estimons que l'hydrogène constitue un combustible de remplacement valable, il faudra découvrir comment on peut le transporter et le stocker efficacement. Depuis bien des années l'on transporte l'hydrogène par gazoducs, mais les techniques de stockage sont encore dans leur enfance. On ne sait pas encore si on peut l'emmagasiner dans des cavités souterraines, ou sous forme d'hydrures métalliques à un coût intéressant. On exécute actuellement des recherches pour le stockage de l'hydrogène sous forme d'hydrures; peu de travaux à ce sujet sont exécutés au Canada, alors qu'il faudrait effectuer un effort considérable de R & D simplement pour nous tenir informés des progrès réalisés à l'étranger.

La mise au point des réacteurs CANDU à haute température rendra possible la décomposition thermo-chimique de l'eau, à la place de son électrolyse. Tout programme de R & D en ce domaine devra tenir compte de cette possibilité, car il se peut que certaines centrales électronucléaires produisent à long terme plus d'énergie sous forme d'hydrogène et de vapeur que sous forme d'électricité. On pourrait même étendre cette technique de décomposition thermo-chimique par l'énergie nucléaire, en vue d'hydrogéner les sables bitumineux ou le charbon pour obtenir des hydrocarbures, pour fabriquer des engrais chimiques et pour diversifier l'industrie pétrochimique. Ainsi pourrions-nous prolonger la vie utile de nos réserves de combustibles fossiles. Ces industries énergétiques pourraient donner de l'oxygène et de l'eau lourde comme sous-produits.

Les possibilités de l'hydrogène comme vecteur d'énergie sont importantes pour notre panoplie énergétique. Non seulement peut-il accomplir la plupart des tâches des combustibles actuels, mais il pourrait le faire à moindre coût. C'est pourquoi nous prévoyons la mise en œuvre d'une technologie de l'hydrogène. De plus, l'hydrogène est l'une des substances les moins polluantes, car sa combustion ne donne que de l'eau et certains oxydes d'azote. C'est pour cette raison, et pour bien d'autres que les secteurs industriel, public et universitaire devraient œuvrer à la mise au point de ce vecteur énergétique, dans le cadre d'un programme bien coordonné.

La transformation directe de l'énergie en électricité

Il s'agit là de produire de l'électricité grâce à une source primaire, sans transformation intermédiaire. Actuellement, on utilise une série de transformations, dont chacune a un rendement limité. Les centrales thermiques ont un rendement global de 15 à 35 pour cent, si l'on considère toutes les pertes thermiques et mécaniques qui se produisent. Une grande centrale thermique canadienne moderne donne un rendement de 33 pour cent. La transformation directe de l'énergie en électricité permettrait d'éliminer une grande partie des pertes.

Les recherches ont permis d'évaluer les possibilités de plusieurs

méthodes nouvelles de transformation directe de l'énergie en électricité. Certaines d'entre elles (les transformations thermoélectrique, thermoionique et magnétohydrodynamique) sont examinées dans nos rapports de documentation*. Nous présenterons ici nos observations sur les techniques des piles à combustible, mais nous soulignons qu'il faut surveiller dès maintenant le développement des techniques magnétohydrodynamiques (ou plus justement magnétoplasmodynamiques), de production d'électricité, et qu'il faudra peut-être entreprendre une action après l'horizon 1985.

Les piles à combustible

La pile à combustible est un dispositif électrochimique qui permet de transformer continuellement l'énergie chimique d'un combustible et d'un oxydant en énergie électrique, grâce à un processus isotherme, et à un ensemble électrodes-électrolyte ne subissant pas de modifications.

Il est possible de réaliser un grand nombre de piles à combustible différentes: on peut utiliser différents couples d'électrodes, divers électrolytes, des oxydants de natures diverses. On peut faire varier considérablement la pression et la température de fonctionnement des piles.

Contrairement au moteur à combustion, la pile à combustible court-circuite les transformations d'énergie chimique en énergie calorifique, d'énergie calorifique en énergie mécanique et d'énergie mécanique en énergie électrique. Contrairement à la batterie d'accumulateurs, la pile à combustible ne subit ni charge ni décharge. Si on la compare avec des génératrices thermoioniques, thermoélectriques et magnétoplasmodynamiques, on s'aperçoit que la pile à combustible ne transforme pas l'énergie chimique en chaleur. Cependant, certaines piles à combustible effectuent indirectement la transformation d'énergie chimique en électricité; par exemple, un hydrocarbure gazeux, tel le gaz naturel, est tout d'abord transformé en hydrogène par reformage, lequel est ensuite oxydé dans la pile électrochimique.

On a déjà mis à l'essai une centrale à piles à combustible de 75 kW, qui comprenait des piles de 12,5 kW connectées en série pour évaluer la souplesse de combinaison modulaire des unités. On étudie les installations à piles à combustible d'une puissance de plusieurs centaines de kilowatts, pour fournir de l'électricité à des immeubles à appartements, à des centres commerciaux et à des écoles. On s'occupe de mettre au point une centrale de 26 MW pour une grande compagnie d'électricité étatsunienne.

Voici les avantages des piles à combustible comparées aux moyens traditionnels de transformation de l'énergie: haut rendement; possibilité d'économiser des ressources peu abondantes; absence de pollution; aisance de construction et souplesse des éléments modulaires.

Les principaux inconvénients des piles à combustible sont les sui-

* G.N. Patterson et coll., « Energy Corridors to the Future », étude de documentation rédigée pour le Conseil des sciences du Canada, 1974.

vants: frais d'immobilisations assez importants; réglage délicat des électrodes catalyseuses et de l'oxydation directe des hydrocarbures; poids assez élevé des unités; vie utile limitée; frais d'entretien élevés; nécessité d'utiliser un combustible très spécial jusqu'à présent, et nécessitant d'importantes installations d'approvisionnement.

Transport de l'énergie

Au Canada, les distances qui séparent les gisements de combustibles fossiles ou les aménagements hydroélectriques des régions de consommation sont très grandes, et elles s'accroissent encore, au fur et à mesure que nous mettons en exploitation les ressources énergétiques des régions excentriques. Les frais de transport de l'énergie constituent déjà un important facteur pour la répartition des approvisionnements énergétiques aux régions de consommation. Dans certains cas, ces frais empêchent la mise en œuvre de la ressource considérée. En outre, il existe de nombreux moyens de transport de l'énergie, dont chacun a des caractéristiques physiques, économiques et sociales propres. C'est pourquoi notre pays doit s'intéresser tout particulièrement à la concertation des efforts de R & D, lesquels nous permettront d'ouvrir l'éventail des moyens de transport, de découvrir comment réduire le coût global du transport de l'énergie, et d'étendre ainsi la gamme des options énergétiques. Deux facteurs ont une importance fondamentale: Le premier est la coordination optimale des divers modes de transport utilisés par le réseau énergétique, en vue de réduire les coûts; l'autre est le perfectionnement technique de chaque méthode de transport considérée.

L'élaboration de notre politique énergétique se fonde sur la gestion coordonnée de nos divers réseaux de transport de l'énergie. Non seulement faut-il que l'analyste en ait une vue synoptique, mais aussi que les divers participants s'accordent sur la nature et l'étendue des objectifs du secteur énergétique. On n'utilise pas encore l'analyse systémique en ce domaine, mais cependant le réseau de lignes à haute tension et le réseau de gazoducs fonctionnent selon certains principes systémiques. Il faudra que quelques firmes renoncent à des avantages à court terme pour en procurer à long terme aux Canadiens; c'est pourquoi l'établissement d'un réseau énergétique optimisé, complètement intégré sur le plan national, prendra quelque temps. Cependant, ces difficultés ne devraient pas nous empêcher de progresser vers la mise en œuvre d'un tel ensemble systémique, même si cette réalisation se faisait petit à petit, par arbitrages successifs entre participants.

Il faut accroître notablement notre effort global de R & D pour toute la gamme des progrès techniques réalisables. Il est particulièrement important d'améliorer la conception et de perfectionner le réseau de canalisations spécialisées ou non, car ce sont elles qui déjà permettent de déplacer la plus grande quantité d'énergie au coût le plus faible, en réduisant à un minimum acceptable les répercussions sur le milieu environnant. C'est la création de complexes pétrolochimiques en certains points stratégiques du Canada qui déterminera le tracé de notre réseau

futur de canalisations spécialisées. La construction d'un carبودuc, permettant de transporter économiquement de grandes quantités de charbon des régions minières jusqu'aux ports et régions industrielles, sans endommager le milieu environnant, produirait des changements notables dans l'exportation et la consommation interne du charbon. Il serait aussi possible d'améliorer les trains-blocs (*unit trains*), et spécialement les équipements de chargement et de déchargement continus. L'alimentation des compresseurs qui déplacent le gaz dans les grands réseaux de gazoducs absorbe plus du dixième de la quantité acheminée. Cette forte consommation justifie des études d'ingénierie sur les gazoducs et les compresseurs, dont les résultats éventuels procureraient des avantages substantiels. Il faut également étudier l'emploi d'autres sources motrices, telle l'électricité. Il serait peut-être avantageux de liquéfier le gaz à sa source; mais encore faut-il sérieusement analyser les répercussions économiques et sociales de cette décision. L'énergie de pompage qu'exigent les canalisations de gaz naturel liquéfié (GNL) n'atteint que le dixième de celle qui est nécessitée pour la même quantité d'hydrocarbures sous forme de gaz, mais les coûts de la réfrigération et de l'isolation sont élevés. Si nous pouvions réduire le coût global de la liquéfaction et de la réfrigération, nous pourrions réaliser de notables économies.

Le choix de tensions de plus en plus élevées pour les lignes de transport d'énergie, et la préférence accordée de plus en plus souvent au courant continu plutôt qu'au courant alternatif, montrent bien les tendances actuelles du transport de l'électricité. Les ingénieurs et les scientifiques canadiens sont à la tête du progrès en ce domaine, et il faut que nous maintenions notre avance, par exemple grâce aux activités de l'Institut de recherche de l'Hydro-Québec.

Certains aspects de la politique d'expansion régionale déterminent l'extension du réseau national de transport énergétique actuel. La construction d'une grande artère de transport de l'énergie peut modifier les conditions économiques dans plusieurs régions. En conséquence, il faut que l'effort de R & D en matière de transport de l'énergie tienne compte à la fois du tracé d'ensemble du réseau énergétique, des modes de transport les plus efficaces, et des répercussions économiques, sociales et d'environnement de chaque option éventuelle. Il est nécessaire de déterminer soigneusement quel est le moment le plus opportun pour la mise en exploitation d'une grande artère de transport de l'énergie, de choisir son tracé pour en obtenir les avantages économiques et sociaux maximaux, d'intégrer rationnellement ce nouvel élément dans notre réseau national, et de choisir la taille optimale de l'artère en tenant compte de la croissance actuelle et possible du réseau, tout en réduisant au minimum ses répercussions sur le milieu environnant et le paysage.

Le transport de l'énergie présente des aspects complexes. De nombreux organismes y accomplissent diverses fonctions (tels le Centre de développement des transports, le Conseil national de recherches, le ministère des Transports, la Commission canadienne des transports, l'Office national de l'énergie, les régies et compagnies d'énergie, etc.). Il faut

articuler la politique de R & D en matière de transport de l'énergie avec la politique énergétique et la politique des transports sur le plan national. On ne peut mettre sur pied une politique nationale équitable et juste que par des arbitrages entre les régions (par exemple entre l'Ouest et le Centre) et entre les secteurs (tels ceux de l'énergie, des transports et de l'agriculture). Cependant, il n'existe actuellement aucun organisme canadien chargé d'étudier et d'articuler les divers aspects du transport de l'énergie. Il faut remédier à cette lacune dès maintenant, afin que nous puissions optimiser la gestion de nos ressources énergétiques.

VII. Le milieu environnant

La sagesse des nations dit, quand un homme domine les autres, que le pouvoir corrompt; mais cet adage s'applique également à la mainmise de l'Homme sur les ressources énergétiques. Plus une société dispose d'énergie, plus elle en veut. Plus elle en utilise, plus les institutions économiques et sociales dépendent de l'utilisation de l'énergie, et plus nos villes sont façonnées par sa consommation*. Ces observations sur la société industrielle soulignent bien sa dépendance croissante à l'égard de toutes les formes de l'énergie.

Il est certain que la croissance d'une population utilisant des aliments, de l'eau, de la cellulose, des matériaux et de l'énergie accroît la pollution sur la Terre.

Les tendances actuelles orientent notre mode de vie vers une forte dépendance à l'égard d'un apport continu d'énergie. Les mécanismes du marché énergétique sont en partie déréglés par les encouragements, les réglementations et les considérations externes; on ne peut donc considérer que la consommation excessive d'énergie et sa croissance découlent des préférences d'une société démocratique. Non seulement cette consommation énergétique croît-elle à un taux exponentiel, mais elle tend aussi à exclure les options moins gaspilleuses d'énergie par la création d'un mode de vie global, dont il est de plus en plus difficile de s'affranchir. C'est l'utilisation fréquente de l'automobile qui a permis l'expansion désordonnée des villes; la faible densité du logement, à son tour, a découragé l'expansion du réseau de transports en commun, et a fait de l'automobile le seul moyen de transport pratique. Il faut donc que l'évaluation des options énergétiques tienne compte des modes de vie.

L'utilisation excessive de l'énergie, non seulement gaspille les ressources en encourageant l'inefficacité de leur emploi, mais elle contribue également à clore le cercle vicieux de la consommation énergétique, et à créer une société entièrement dépendante de l'utilisation technique de l'énergie et, de plus, impuissante sans elle.

Du point de vue économique et sécuritaire, cette dépendance est fâcheuse, car elle nous force à utiliser des astuces techniques pour l'approvisionnement énergétique futur; mais elle est aussi indésirable pour une autre raison, plus profonde. L'utilisation de l'énergie a d'innombrables répercussions sur le milieu environnant. Elle peut le protéger, lui faire courir des risques, l'améliorer ou le détériorer. Bien que nos connaissances en cette matière soient encore assez vagues, nous en savons assez pour être préoccupés par les risques d'endommagement massif et irréversible qu'entraînerait la continuation des tendances actuelles. Si les recherches futures nous révèlent qu'en effet nous risquons d'endommager le milieu ambiant en permanence (d'aucuns diraient: d'endommager nos moyens de survie), il nous faudra considérer les immenses répercussions qui en découleraient pour notre mode de vie en général, et pour notre politique énergétique en particulier. Examinons donc, de plus près, les relations entre utilisation de l'énergie et qualité du milieu environnant.

*E. Cook, "The Flow of Energy in an Industrial Society", *Scientific American*, septembre 1971, vol. 229, n° 3, pp. 134-147.

Les problèmes à l'échelle du globe

Bien que nous utilisions fréquemment l'expression «Consommation d'énergie», nous ne pouvons pas dire que l'énergie disparaisse. Il serait plus exact d'indiquer qu'elle est transformée. L'énergie chimique de l'essence qui alimente l'automobile, par exemple, est transformée en partie en énergie cinétique, laquelle déplace l'automobile, et le reste se dissipe sous forme de chaleur. En fin de compte toute l'énergie libre est transformée en chaleur. On explique parfois cette transformation par la loi d'entropie, laquelle prévoit que les formes nobles de l'énergie se dégradent sous des formes plus communes.

La consommation grandissante d'énergie dans le monde ajoute des quantités croissantes de chaleur au milieu ambiant, qu'il soit atmosphérique ou aquatique. Cependant, la contribution de l'Humanité au bilan énergétique de la Terre reste encore très faible.

Sur le plan local, naturellement, l'activité humaine a déjà des répercussions microclimatiques, par la création d'ilôts de chaleur dans les grandes régions urbaines. Par une froide journée d'hiver à Montréal, l'énergie dégagée par l'activité humaine dépasse souvent celle de l'ensoleillement. Bien que ces activités soient encore trop dispersées pour avoir une incidence notable sur le climat de grandes régions, la création de conurbations (tels la mégalopole Boston-Washington et le croissant urbain à l'ouest du lac Ontario) pourrait à l'avenir entraîner des dégagements d'énergie suffisant à déclencher des modifications climatiques à l'échelle régionale.

Notre utilisation exagérée des combustibles fossiles pourrait accélérer cette évolution, à cause de l'émission de gaz carbonique (CO_2) dans l'atmosphère. Ce dernier pourrait causer un effet de serre: il laisse passer le rayonnement solaire, mais il bloque le rayonnement terrestre, et en conséquence accumule la chaleur à la surface du globe. Bien qu'on ne dispose pas de preuve décisive des effets de l'augmentation de la teneur de l'atmosphère en CO_2 , certains experts soutiennent que ces effets pourraient prendre une envergure suffisante pour causer un réchauffement général de l'atmosphère, au cas où la consommation des combustibles fossiles continuerait à se développer comme prévu. Paradoxalement, cette tendance à un réchauffement climatique pourrait être contrebalancée par un refroidissement, causé par de nombreuses émissions de poussières qui accroissent l'albédo atmosphérique.

Bien que la controverse continue à faire rage entre les prophètes du réchauffement et ceux du refroidissement du climat, on conclut que l'activité humaine a atteint une intensité telle qu'elle pourrait modifier le climat mondial. En dépit des réflexions dégrisantes que cette possibilité suscite, et de notre ignorance des résultats de nos actions, nous continuons à jouer à l'apprenti sorcier avec l'équilibre climatique de la Terre.

La population canadienne est l'une des plus grandes utilisatrices de l'énergie, et sa contribution à la dissipation énergétique globale n'est pas petite. De plus, comme le Canada se trouve aux hautes latitudes, dans une région où la trame écologique est moins serrée qu'ailleurs et plus

sensible aux dérangements, la consommation d'énergie peut y exercer des répercussions plus graves que dans d'autres régions du monde.

Les répercussions locales

S'il est malaisé de mettre en évidence les effets de l'énergie sur le milieu terrestre, par contre l'incidence locale de la consommation énergétique est beaucoup mieux connue. Chaque phase de l'exploitation d'une ressource énergétique, que ce soit la prospection, l'extraction, le traitement, le transport, la transformation, la consommation de l'énergie et l'élimination des déchets, a des répercussions sur l'environnement. Leur gravité dépend, bien entendu, des techniques utilisées, des conditions ambiantes locales et de la forme de l'énergie utilisée. C'est pourquoi le triplement de la consommation canadienne d'énergie au cours des vingt-cinq prochaines années aurait inévitablement des répercussions sur le milieu ambiant; mais elles pourraient ne pas être proportionnelles à cette augmentation. On estime prudemment à 0,5 pour cent du PNB le coût des mesures de protection de l'environnement nécessitées par l'utilisation excessive d'énergie.

Il serait inutile de récapituler ici comment le milieu naturel du Canada a été affecté de diverses façons par notre consommation énergétique. L'ouvrage «Une politique énergétique pour le Canada»* effectue cette récapitulation, et donne de nombreux exemples de répercussions de la consommation d'énergie sur le milieu ambiant. Voici quelques-unes des actions ayant causé des répercussions importantes, et qui continueront à en causer à l'avenir: L'extraction à ciel ouvert du charbon et du bitume; l'installation de canalisations dans le pergélisol; les déversements maritimes d'hydrocarbures; l'utilisation de combustibles fossiles dans les foyers, cause de pollution atmosphérique; l'exploitation minière par découvertes, dont il faut réduire au minimum les répercussions, grâce à une soigneuse séparation des différents morts-terrains et à leur remise en place pour redonner au sol sa productivité originelle, et au paysage sa beauté; l'échauffement des masses d'eau voisines des centrales électriques; la dispersion des résidus radioactifs; la mise en eau des vallées par les aménagements hydroélectriques; la défiguration des paysages par les lignes à haute tension; etc.

Il est surtout utile ici de cerner les grands domaines où un effort de R & D permettrait d'élaborer des techniques pour amortir les répercussions de la consommation énergétique sur le milieu ambiant. Nous reproduisons au Tableau III une vue synoptique des recommandations concernant la R & D à exécuter, selon les conclusions de l'une de nos études de documentation.

Enfin, il est important de noter que certaines activités relatives à l'énergie ont des répercussions cumulatives et synergiques sur le milieu ambiant; cet effet rend difficile la prospective d'environnement (*impact assessment*), qui généralement sous-estime la détérioration ultérieure du

**Une politique énergétique pour le Canada*, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Information Canada, 1973.

Tableau III – Tableau synoptique des répercussions des activités énergétiques sur l'environnement

Activité	Protection de l'environnement.	État des techniques:	Importance actuelle ou future pour le milieu naturel du Canada:	Recommandations et observations basées sur les considérations d'ambiance.
Extraction minière du charbon et de l'uranium	Techniques de remise en état. Techniques de neutralisation des effluents. Réduction de l'acidité des eaux d'exhaure et de leur teneur en boues. Améliorations sanitaires. Amélioration de l'air des galeries.	en cours de mise au point disponible non disponible	croissante moyenne	Imposition d'une législation de remise en état. Réglementation stricte de l'exploitation minière. Insuffisance du gage de remise en état. Il faut exiger le retour des terres à leur productivité originale et même meilleure. Les eaux d'exhaure acides de la mine d'Elliot Lake constituent encore une menace. Étude d'Environnement Canada, 1974.
Exploitation des sables bitumineux de l'Athabasca	Techniques de bonification. Techniques des bassins de sédimentation. Traitement des effluents.	non mises au point à l'étude non mis au point	élevée élevée moyenne	Affecte le mode de vie et les moyens d'existence des autochtones. Affecte le mode de vie et les moyens d'existence des autochtones. Fortes répercussions possibles sur le milieu aquatique en aval. On peut tolérer de faibles teneurs en SO ₂ .
Oléoduc de l'Arctique	Techniques de construction ayant des répercussions minimales.	ébauchées	élevée	Les études de référence sont importantes. Il faut analyser les répercussions multiples sur l'environnement.
Grands pétroliers	Prévention des collisions. Techniques de démazoutage. Circulation dans des eaux parcourues par les glaces.	il faut utiliser les techniques connues	croissante	La protection de l'écologie des plateaux continentaux, des estuaires et des océans est importante pour le Canada. Il faut édicter une législation internationale et réduire la navigation dans les eaux septentrionales encombrées de glaces.

Activité	Protection de l'environnement.	État des techniques:	Importance actuelle ou future pour le milieu naturel du Canada:	Recommandations et observations basées sur les considérations d'ambiance.
Aménagements hydro-électriques	Prospective d'ambiance nécessaire.	ébauchée	élevée	Les répercussions sur le milieu régional peuvent être graves. Il faut étudier soigneusement toutes les options possibles.
Centrales thermiques	Épuration des émanations.	étudiée, mais non disponible.	élevée	Forte importance régionale si des combustibles à faible teneur en soufre ne sont pas disponibles.
	Désulfuration des combustibles.	non disponible, mais en cours de mise au point	élevée	Il faut étudier dès maintenant les répercussions climatiques à l'échelle mondiale.
	Dépoussiérage. Refroidissement atmosphérique.	disponible, mais coûteux	croissante	Il faut réaliser un essai-pilote sur les avantages éventuels de la chaleur de récupération au Canada.
Extraction de l'eau lourde	Réduction des émanations de H ₂ S. Évacuation de la chaleur superflue.	en cours de mise au point	croissante	Recherche pour d'autres méthodes de production respectant l'environnement. On met à l'essai des tours de refroidissement.
Centrales électronucléaires	Prévention des accidents aux réacteurs.	bien au point	élevée	Il est nécessaire d'accroître l'effort de recherche sur les cycles et les problèmes d'incidence sanitaire.
	Restriction des effluents contaminés.	en cours d'amélioration	élevée	
	Confinement des déchets radioactifs.	insuffisant	croissante	Il est important de perfectionner les techniques.
Recyclage et transport des combustibles nucléaires	Restriction des effluents normaux et accidentels.	insuffisant	peut être élevée	Activité importante si on entreprend le recyclage du plutonium. Large développement technique nécessaire. Des facteurs sociaux et internationaux sont en cause.
Transport de l'énergie électrique	Amélioration de l'aspect des lignes à haute tension. Installation souterraine.	en cours de développement coûteuse	faible	On peut dès maintenant enfouir les câbles dans les villes et les régions pittoresques. On devrait encourager le développement des techniques d'enfouissement des câbles et d'aménagement paysager des emprises des lignes de transport.

Activité	Protection de l'environnement.	État des techniques:	Importance actuelle ou future pour le milieu naturel du Canada:	Recommandations et observations basées sur les considérations d'ambiance.
Chauffage domiciliaire et industriel	Amélioration des processus de combustion. Autres méthodes de chauffage. Amélioration des normes de construction.	très peu étudiée	croissante	Avantages immédiats d'une meilleure conception et construction de la maison, et de l'amélioration des codes de la construction. On devrait entreprendre des études-pilotes du chauffage solaire de l'eau et des locaux.
Transport automobile	Modes de transport de remplacement. Amélioration de la technologie des moteurs. Amélioration des moteurs, des pneus, de la route et de l'aménagement routier.	en cours de mise au point en cours de mise au point faible amélioration	élevée élevée élevée	Il s'agit surtout d'une question de préférence sociale. Les techniques de pointe promettent de nombreuses améliorations. Fortes répercussions pour les citadins et pour la faune de certaines régions.
Centrales thermo-nucléaires	Confinement du tritium. Technologie des caloporteurs. Absorption des flux de neutrons rapides.	non mis au point	encore inconnue, peut-être élevée	Ces techniques permettraient de réduire les dangers de centrales électronucléaires trop nombreuses et de l'utilisation permanente des combustibles fossiles. Avantages et problèmes éventuels pour les eaux canadiennes. L'utilisation sans frein de l'énergie thermonucléaire pourrait avoir des effets notables sur le climat de la Terre, en comparaison des effets de la poussière, du CO ₂ et de l'albédo.
Chauffage par l'énergie solaire	Aucun. La technologie de base n'a guère de répercussions sur le milieu ambiant.		non évaluée, peut-être élevée	La mise en œuvre économique de cette source d'énergie aura peut-être des répercussions favorables sur le milieu. On recommande le lancement d'études-pilotes pour des raisons d'ambiance.
Transformation biochimique de l'énergie solaire	Non encore évaluée, en général.	non mise au point	peut-être élevée	Il faut réaliser de soigneuses études systémiques et expériences-pilotes en certains domaines intéressants, tels que l'activité de collectivités agricoles isolées, la coordination avec l'industrie des produits forestiers et l'utilisation des ordures municipales. Étude des répercussions sur la faune.

Activité	Protection de l'environnement.	État des techniques:	Importance actuelle ou future pour le milieu naturel du Canada:	Recommandations et observations basées sur les considérations d'ambiance.
Énergie maré-motrice	Techniques permettant de réduire les inconvénients des variations d'amplitude des marées.	non mises au point	importante localement	Son exploitation pourrait causer plus de dommage à l'environnement que lui apporter d'avantages. Les perspectives d'ambiance sont très incomplètes.
Énergie géothermique	Il faut réduire la quantité de minéraux dissous dans les effluents et les émanations de gaz.	partiellement mise au point	probablement élevée	Le potentiel de l'énergie géothermique au Canada n'a pas été évalué. La mise en œuvre de cette option pourrait être préférable pour le milieu ambiant. Il faut réaliser de soigneuses perspectives d'ambiance de l'aménagement des sources géothermiques à l'étude.
Filière magnéto-hydrodynamique	Il faut utiliser les connaissances fondamentales pour améliorer le rendement thermodynamique.	lentement mise au point	modérée	On pourrait éventuellement utiliser plus efficacement des combustibles à plus forte teneur en soufre, en réduisant les pollutions thermique et sulfureuse.
Piles à combustible	Les techniques de base n'ont guère de répercussions sur le milieu.	en cours de développement	peut être élevée	Cette filière permet la fourniture d'énergie aux agglomérations isolées, sans incidence fâcheuse sur l'environnement. Elle permet une dispersion de la population. Il faudrait continuer les recherches et effectuer des essais-pilotes.
Énergie éolienne	Les techniques de base sont sans incidence fâcheuse sur le milieu.	en cours de développement	pourrait avoir une importance locale	Source d'énergie sans incidence fâcheuse sur le milieu, à utiliser dans l'Arctique, à Terre-Neuve et dans les autres régions isolées. Il faut exécuter d'autres recherches et faire des essais-pilotes.
Combustibles synthétiques (dont l'hydrogène)	Les techniques de base sont sans incidence fâcheuse sur le milieu.	seulement théorique.	pourraient être très importants	Cette filière pourrait être avantageuse pour l'environnement, à cause de l'élimination de la pollution causée par le transport, le chauffage et d'autres activités. On recommande fortement un effort de recherches et des essais-pilotes au Canada.

Source: données tirées (puis modifiées) de: G.N. Patterson et coll., «Canada's Energy Corridors to the Future», Étude de documentation réalisée pour le Conseil des sciences du Canada, 1974.

milieu. De plus, l'action des normes d'environnement les plus sévères restera largement illusoire, car aucune réglementation ne pourrait combattre indéfiniment les répercussions ambiantes d'une consommation d'énergie croissant de façon exponentielle.

Les problèmes de qualité de l'environnement

Il ne suffit pas de connaître les répercussions de l'utilisation de l'énergie sur l'environnement pour pouvoir évaluer la qualité du milieu ambiant. Bien qu'il soit assez facile d'élaborer certaines normes de qualité de l'ambiance (telle la teneur maximale de l'atmosphère en dioxyde de soufre), il en est d'autres (tel le seuil de concentration en dioxyde d'azote dans la stratosphère, lequel risque d'endommager la couche d'ozone absorbant l'ultraviolet) qui sont plus difficiles à analyser et à décrire. Les problèmes les plus épineux sont de nature esthétique, parce qu'ils se fondent sur des perceptions et des préférences personnelles, qui peuvent évoluer avec le temps; cependant, ces aspects de la qualité du milieu ambiant sont ceux qui frappent le plus la population. De plus, certains facteurs, tel le bruit, peuvent affecter la qualité esthétique du milieu lorsque leur niveau est faible, mais devenir des risques sanitaires à des niveaux plus élevés. De même, si l'on se met d'accord sur ce qui constitue un niveau *souhaitable* de qualité de l'environnement, on peut différer d'opinion sur ce qui est *supportable* en attendant, en prenant en considération les compromis qui sont indispensables, ainsi que la rapidité et le coût d'obtention de la qualité d'ambiance souhaitée. En conséquence, il serait avantageux qu'un organe officiel, tel Environnement Canada, entreprenne une analyse ininterrompue des coûts et des avantages que ses recommandations entraîneraient en matière de gestion de l'environnement. Cette évaluation permettrait d'axer le débat sur ce qui constitue des normes acceptables d'environnement.

On ne peut répondre affirmativement ou négativement à chaque question concernant la qualité de l'ambiance, et on ne peut, de même, fixer les critères techniques des normes sans tenir compte des préférences du public et de ses idéaux. Comme les facteurs d'ambiance et la perception qu'en ont les divers publics diffèrent, les normes de qualité du milieu varieront selon les régions du Canada. Ces différences régionales ne devraient pas empêcher l'élaboration d'une réglementation et de normes minimales pour tout le pays, en vue d'éviter la détérioration du milieu ambiant. De même, les divers paliers de gouvernement assument la responsabilité de tracer publiquement les grandes lignes que les actions qui se déroulent dans leur domaine de compétence devront respecter en matière d'environnement; en effet, aucune autre autorité ne peut défendre l'intérêt public en matière de qualité du milieu ambiant*.

Il faudra que les firmes industrielles, les administrations publiques et les individus conçoivent et suivent un certain nombre de lignes de

*Pour une étude plus détaillée, consulter: T.J.F. Lash, D.E.L. Maasland, G. Filteau et P. Larkin, «Comment s'y prendre autrement – Essai sur les perspectives d'ambiance en matière d'actions majeures», *Aspects de la politique scientifique du Canada*, no 1, 1974, Information Canada, Ottawa.

conduite et de critères en matière d'environnement, afin que ceux-ci inspirent les activités de planification énergétique, et ne leur servent pas simplement de couverture. C'est pourquoi il faudrait procéder très tôt, et systématiquement, aux prospectives d'ambiance concernant les nouvelles formes d'énergie. Les gouvernements fédéral et provinciaux, et les administrations municipales, devraient se procurer la panoplie des moyens nécessaires à la gestion de l'environnement: consultation et information du public, législation, réglementation, programmes d'encouragement, et effort adéquat de R & D. Il faudrait également élaborer des critères et des normes techniquement réalisables, suffisamment stables, pour améliorer la qualité du milieu ambiant. Les firmes industrielles peuvent appliquer des normes, mais il leur est difficile de rester dans l'incertitude.

Il faut, en général, effectuer un effort de R & D, mettre en œuvre des réglementations et des programmes d'encouragement à court et à moyen termes pour favoriser une évolution favorable ou des modifications rationnelles aux techniques existantes; telles seraient l'installation obligatoire d'un matériel de dépollution, l'obligation de désulfurer le mazout destiné aux calorifères (fournaies), et la réduction de l'activité des usines pendant les périodes de forte pollution. Nous avons fait des recommandations spéciales pour la mise en place de mécanismes chargés d'élaborer et d'appliquer les normes sécuritaires et une réglementation concernant les répercussions du fonctionnement des centrales électronucléaires sur l'environnement (Chapitre IX – L'énergie électronucléaire). Par contre, il faut élaborer une politique à long terme et effectuer un effort de R & D de même nature pour encourager le remplacement d'une filière énergétique par une autre, plus respectueuse de la qualité de l'environnement; on pourrait remplacer le chauffage individuel grâce à des combustibles fossiles polluants par un chauffage collectif disposant d'un équipement supplémentaire de captage de l'énergie solaire; de même, le transport interurbain à courte distance pourrait s'effectuer par train ultrarapide plutôt que par avion; les automobilistes pourraient délaissé les hydrocarbures et utiliser l'hydrogène, ou peut-être un volant d'inertie pour propulser leur auto, ou se servir des véhicules électriques de transport en commun.

Le gouvernement fédéral, de concert avec les administrations provinciales, pourrait financer des projets-pilotes par le canal du ministère des Affaires urbaines, afin de mettre sérieusement à l'essai de nouveaux concepts d'économie de l'énergie, associée à la protection de l'environnement. La construction de la ville satellite de Carlsbad Springs, à l'Est d'Ottawa, pourrait se faire selon les principes de protection de la qualité de l'environnement et d'efficacité de l'utilisation de l'énergie. Bien des progrès sont techniquement possibles, et économiquement réalisables actuellement, mais le promoteur-constructeur (*developer*) moyen ne les utilise pas, car il n'a pu constater les résultats obtenus par une installation-pilote.

La gestion de l'environnement nécessite une claire appréhension de la qualité du milieu ambiant et des normes correspondantes, lesquelles

peuvent varier selon les régions, afin qu'on puisse évaluer les répercussions d'une action sur la lithosphère, la biosphère et la collectivité sociale; ainsi pourrait-on planifier et réglementer les activités, et effectuer certaines améliorations.

Dans la présente section, nous ne donnerons pas une liste exhaustive de recommandations en matière d'énergie et d'environnement, mais nous nous efforcerons de tracer un cadre pour l'évaluation des relations entre ces derniers; par exemple, nous proposerons des méthodes pour utiliser les normes établies et les aspects préférés de la qualité de l'environnement afin d'orienter la mise en œuvre de la politique énergétique, et la planification des activités en cette matière.

Les résultats effectifs de ces considérations d'ambiance sur la planification de la politique énergétique varieront, bien entendu, selon les domaines de compétence. Cependant, nous sommes heureux que les diverses administrations publiques aient fait des efforts dans cette direction; nous demandons à tous les décideurs et planificateurs en matière d'énergie de se former à la mise en œuvre des impératifs d'environnement.

Gestion de l'énergie et milieu ambiant

En matière d'énergie et d'environnement, les protagonistes sont les suivants: les producteurs d'énergie, les élaborateurs des techniques d'utilisation de l'énergie, les utilisateurs, les tiers-partis (y compris le public concerné), lesquels n'ont actuellement aucun pouvoir pour représenter leurs intérêts, les décideurs et les administrateurs du secteur public. Il faudrait mettre en œuvre un certain nombre de moyens administratifs afin d'encourager et de faciliter le travail de ces protagonistes s'occupant de la création et du maintien d'une qualité acceptable pour le milieu ambiant.

On pourrait créer, dans le cadre du Groupe de planification intergouvernemental recommandé (voir le chapitre IV), une section chargée d'analyser les rapports entre énergie et environnement, en outrepassant largement les seules questions de pollution.

Comme les décisions concernant la qualité de l'environnement doivent tenir compte des préférences du public pour certaines options, il faudrait demander la collaboration de ce dernier pour l'élaboration de normes acceptables pour les divers aspects de la qualité de l'environnement et pour la mise sur pied d'un échéancier des actions à entreprendre. Il faudrait publier sans retard les travaux déjà exécutés en matière d'élaboration des normes.

Il faudrait que le processus de planification et d'approbation des grands aménagements énergétiques, des canalisations et des lignes de transport de l'énergie comprennent normalement la réalisation d'une prospective d'ambiance (*impact assessment*). Dans certains cas spéciaux, telle l'exploitation pétrolière au large du littoral, il faudrait élargir la prospective d'ambiance pour en faire une prospective technologique (*technology assessment*) complète et fructueuse. Il faudrait que cette prospective soit réalisée en même temps que les études de faisabilité

économique et technique, et qu'elle en constitue une partie intégrante; en effet, de nombreux travaux prospectifs actuels semblent symboliques, et réalisés plutôt pour calmer l'ire du public que pour fournir un apport valable au processus décisionnel. Il faut, de plus, que ces prospectives soient librement accessibles.

Le choix d'un mode de vie plus respectueux de la qualité de l'environnement nécessite un freinage de la croissance globale de la consommation énergétique, de même que la mise en œuvre de normes d'ambiance plus strictes. Ce serait faire preuve d'une courte vue que de réclamer un apport supplémentaire d'énergie pour remettre en état un environnement pollué en grande partie par une utilisation exagérée de l'énergie. Ce n'est pas ainsi qu'on peut résoudre le problème global.

Le raisonnement que nous avons tenu précédemment montre bien que les impératifs de l'énergie et du milieu ambiant constituent deux aspects de la même question. On ne peut réussir à les traiter isolément à long terme, car l'emploi de l'énergie a de très nombreuses ramifications au sein de l'environnement. Nous commençons à savoir comment traduire les considérations externes d'environnement dans le processus de planification et de coordination; de même, à l'avenir, il faut que le paramètre énergétique y soit aussi pris en considération. Une étude de documentation et un exposé du Président du Conseil des sciences, lequel a été publié*, décrivent une méthode globale d'élaboration des processus décisionnels des grandes actions (*major programs*), et en recommandent l'utilisation. Ils soulignent la nécessité de mettre au jour tous les paramètres concernés et de consulter tous les groupes intéressés. En conséquence, le Conseil des sciences recommande que les administrateurs publics et les firmes industrielles s'efforcent de tracer un cadre d'action globale qui permettra d'effectuer la planification et la coordination tant en matière d'environnement que d'énergie.

*M. Gibbons et R. Voyer, *Un mécanisme de prospective technologique – Le cas de la recherche du pétrole sous-marin sur le littoral atlantique*, Étude de documentation n° 30 réalisée pour le Conseil des sciences du Canada, Ottawa, Information Canada, 1971. Voir également: R. Gaudry, «Introduction», *Aspects de la politique scientifique du Canada*, n° 1, Ottawa, Information Canada, 1974.

VIII. Les rôles des protagonistes

La tâche n'est pas mince, qui consiste à concevoir un mécanisme de gestion et d'organisation chargé de s'assurer que toutes les mesures nécessaires sont prises, qu'elles sont financées, et que chaque tâche est accomplie par le secteur concerné, même si l'on dispose, pour se guider, des directives claires d'une politique de la production et de l'utilisation futures de l'énergie. On peut être tenté de recommander la création d'un super-organisme chargé de superviser tout l'effort de R & D énergétique; cependant, le Conseil des sciences ne croit pas qu'un tel organisme soit avantageux, ou même que sa création soit possible. Les interactions du secteur énergétique avec l'économie de notre pays sont trop complexes. L'organisation de l'effort de R & D énergétique sur le plan national doit tenir compte de la diversité des intérêts des divers producteurs, transporteurs et utilisateurs de l'énergie, et elle doit tirer parti de leurs différentes possibilités d'action et de leurs diverses fonctions. Bien que la création d'un super-organisme énergétique ne soit guère réalisable, la division nette des fonctions entre un certain nombre d'organismes apporte certains désavantages. Tels sont, par exemple, la difficulté de coordination, l'intérêt trop faible ou trop fort accordé à certains aspects de la R & D, et par-dessus tout le risque très réel que les programmes de R & D ne concordent pas avec la mise en œuvre d'une nouvelle base énergétique de l'économie. Il faut donc, pour éclaircir cette série de problèmes, examiner tout d'abord les rôles et les fonctions des divers protagonistes:

1) *Le gouvernement fédéral*

L'intérêt notable que le gouvernement fédéral accorde aux problèmes énergétiques découle de ses droits de propriété sur les minerais des Territoires du Nord-ouest et du Yukon, de sa responsabilité en matière de commerce interprovincial et international (y compris les exportations pétrolières et gazières), de sa compétence en matière de minerais stratégiques tels que l'uranium, et de son pouvoir fiscal. Le rôle du gouvernement fédéral paraît s'étendre dans les régions septentrionales, au large du littoral, ou en matière d'élaboration de nouvelles techniques énergétiques. À long terme, c'est le gouvernement fédéral qui pourrait donner une impulsion décisive à la mise en œuvre de nouvelles filières énergétiques, comme il l'a déjà fait dans le cas de la filière électronucléaire. Son rôle englobe le financement de la recherche fondamentale, laquelle joue un rôle déterminant dans l'évaluation des options énergétiques du Canada.

Le secteur fédéral assume une tâche de pionnier en cette matière. Il doit s'efforcer de mettre sur pied, de concert avec les administrations provinciales, une politique harmonieuse et globale en matière d'énergie, qui permettrait d'élaborer un échéancier de la R & D, et serait susceptible d'évoluer ultérieurement.

L'administration fédérale est également chargée d'effectuer un effort de R & D dans certains domaines particuliers. Elle doit, par exemple, recueillir des connaissances complémentaires sur l'importance et l'envergure de toutes nos ressources énergétiques, de concert avec les adminis-

trations provinciales, et dresser un tableau précis des effets à long terme de la consommation sur les réserves énergétiques. Les autorités provinciales doivent participer à cette tâche, quoique leur point de vue puisse différer de celui du pays dans son entier. Actuellement, ce rôle fédéral est accompli par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, le ministère des Affaires indiennes et du Nord, l'Office national de l'énergie, et la Commission de contrôle de l'énergie atomique; nous recommandons que leurs dispositifs de recueil de données fondamentales soient articulés de façon à satisfaire les besoins de chaque organisme, tout en contribuant à brosser une vue synoptique de nos richesses énergétiques.

L'administration fédérale a une tâche primordiale: financer les activités de R & D dans six domaines distincts, dont celui de l'énergie électronucléaire, où l'ÉACL administre un programme national. Comme nous avons déjà examiné ce sujet, nous nous contenterons de souligner qu'il faut remettre l'accent immédiatement sur la R & D électronucléaire, qui a été ralentie récemment; en effet, cette filière constituera notre source principale d'approvisionnement énergétique à moyen et long termes. On espère qu'au fur et à mesure que le nombre de réacteurs électronucléaires s'accroîtra, l'industrie privée, de concert avec l'ÉACL, étendra son effort de R & D, et qu'elle participera plus activement au perfectionnement des filières électronucléaires de l'avenir.

Un second domaine d'action fédérale est celui des nouvelles filières énergétiques. Les autorités fédérales pourraient encourager et faire mettre à l'essai l'utilisation de l'énergie solaire, de l'énergie d'origine biochimique, des piles à combustible, et de l'hydrogène comme accumulateur et comme vecteur énergétique, parmi tant d'autres entreprises intéressantes. Il est peu probable que le secteur privé puisse financer adéquatement l'effort de R & D sur les nouvelles filières jusqu'au stade de l'utilisation commerciale.

En raison de la diversité des intérêts régionaux, il faudrait que l'Administration fédérale finance un effort de R & D visant à donner plus de souplesse et de ressort à notre secteur énergétique. On devrait effectuer un effort de recherche et d'analyse permettant d'y insérer les éléments valables au bon endroit, et au moment opportun.

Un quatrième volet de l'activité fédérale concerne le transport de l'énergie nécessaire pour satisfaire les besoins canadiens, en tenant compte des contextes national et international. Nous avons souvent indiqué qu'il fallait accorder d'urgence l'attention aux problèmes du transport d'énergie, y compris ceux des oléoducs et gazoducs de l'Arctique, ceux du transport du charbon de l'Ouest canadien aux consommateurs de l'Est, et ceux des grands pétroliers.

Bien entendu, le gouvernement fédéral s'occupe des aspects de l'énergie qui concernent la défense nationale, et qui nécessitent un effort de R & D dont nous n'avons pas traité dans le présent Rapport.

Comme nous l'avons déjà indiqué, il faudrait que le gouvernement fédéral finance un programme concerté de R & D en matière d'économie de l'énergie. Actuellement, nous ne disposons guère de potentiel technique en ce domaine. Il faudrait encourager la recherche fondamentale

et appliquée en cette matière, et approfondir les compétences des bureaux d'ingénierie, afin qu'ils puissent être mieux à même de communiquer des connaissances pratiques aux firmes industrielles, aux administrations municipales et à d'autres bénéficiaires éventuels.

Enfin, le gouvernement fédéral assume une notable responsabilité en matière de promotion de la R & D sur la gestion de l'environnement.

2) *Les gouvernements provinciaux*

Les Administrations provinciales sont titulaires des droits domaniaux, et elles administrent une part notable des ressources canadiennes de matières premières énergétiques. La Constitution leur accorde la compétence en matière de ressources et de production de l'énergie dans leur territoire. Elles jouent également un rôle important dans la répartition et la consommation interne de l'énergie. En théorie, ce droit direct de propriété semble d'exercice relativement simple, mais en pratique les choses sont plus compliquées.

Tout d'abord, si les Administrations provinciales sont propriétaires des ressources naturelles, elles n'en sont pas, en général, les exploitantes. Ce rôle est réservé à l'industrie énergétique. Cependant, la production d'énergie électrique, à quelques exceptions près, se trouve entre les mains des régies provinciales.

Deuxièmement, les droits de propriété sont restreints par la compétence fédérale en matière de commerces interprovincial et international, en matière de minéraux stratégiques tels que l'uranium, et en matière de fiscalité.

Le rôle réglementaire des Administrations provinciales s'appuie sur une considération primordiale: la propriété des ressources. Il faut donc qu'elles développent leur potentiel technique en matière d'évaluation des ressources énergétiques, de possibilité de mise en œuvre, et de perspectives d'environnement. Comme les intérêts du propriétaire (c'est-à-dire le gouvernement provincial) ne coïncide pas toujours avec les intérêts de l'exploitant (l'industrie énergétique), le premier protagoniste aurait tout intérêt à accorder son attention à de telles activités scientifiques; elles lui permettraient de ne plus dépendre exclusivement des firmes privées pour se procurer les données fondamentales sur lesquelles il base sa réglementation. La deuxième considération, soit la compétence fédérale sur certaines régions d'intérêt premier pour la production d'énergie, nécessite la concertation des deux paliers fédéral et provincial pour l'élaboration d'une politique énergétique nationale, complète et bien articulée. L'échéancier de la R & D énergétique de chaque province dépend naturellement de l'élaboration d'une telle politique. Nous avons déjà examiné cette question dans le chapitre IV, mais nous voudrions souligner que les besoins des diverses provinces canadiennes ne sont nullement comparables. Certaines provinces disposent de ressources énergétiques de grande envergure, alors que d'autres n'en ont guère, et sont surtout des acheteuses ou des utilisatrices. Ces situations fondamentalement différentes auront bien entendu une influence sur les échéanciers de la R & D. Ainsi, alors que l'Alberta

pourrait mener à bien ou financer un programme complet de R & D sur les techniques d'extraction du pétrole, ce programme n'offrirait aucun intérêt pour le Nouveau-Brunswick ou l'Ontario. C'est précisément cette divergence des intérêts qui rend indispensable l'élaboration d'une politique énergétique nationale.

Les Administrations provinciales s'intéressent également, de façons et pour des raisons différentes, à l'étude et à la R & D concernant des éléments importants ou des sous-produits des industries énergétiques établies sur leur territoire (par exemple, les usines d'eau lourde de l'Ontario, les usines de désulfuration de l'Alberta et les complexes pétro-lichimiques de l'Alberta et de l'Ontario).

De plus, les provinces productrices s'intéressent à la R & D portant sur la valorisation des matériaux énergétiques qu'elles exportent.

Il faut que les autorités provinciales s'occupent de l'approvisionnement énergétique de leurs populations futures et financent un effort de R & D sur l'économie des combustibles non renouvelables, sur le rendement de l'approvisionnement et de l'utilisation de l'énergie, et sur la mise en place opportune des filières énergétiques de remplacement.

Il faudra que les compagnies d'électricité et de gaz, qu'on considère comme des organismes appartenant au grand public et œuvrant fondamentalement dans son intérêt, jouent des rôles importants et nouveaux au sein du secteur énergétique du Canada. Les compagnies d'électricité, à elles seules, investiront environ dix milliards de \$, au cours des cinq prochaines années, pour accroître le potentiel de production d'électricité, et pour étendre les réseaux de transport et de distribution afin de satisfaire les besoins des usagers. C'est pour cette raison que ces entreprises doivent financer un effort de R & D sur l'expansion du secteur énergétique. Elles devraient s'intéresser à toutes les formes d'énergie, et financer des programmes de R & D visant à améliorer les rendements. Il leur faudrait promouvoir l'économie pécuniaire, afin de faciliter la mise en œuvre de programmes de financement et d'expansion, et cependant se montrer plus audacieuses que par le passé, pour assurer la continuité de l'approvisionnement énergétique. Par exemple, les régies provinciales d'énergie devraient financer la prospection et la mise en œuvre des ressources canadiennes, et le développement de nouvelles techniques, afin d'assurer l'approvisionnement à long terme. Elles pourraient soutenir la prospection pour le gaz naturel dans les régions excentriques (*frontier areas*), la prospection et la mise en exploitation des gisements d'uranium et de thorium, la mise au point des carbooducs (canalisations pour le transport des boues de charbon), et l'extraction de l'eau lourde. Les entreprises de fourniture d'énergie devraient diversifier leurs sources d'approvisionnement pour assurer la stabilité de leurs services, et optimiser la panoplie énergétique dont elles se servent, pour vendre l'énergie à un prix raisonnable. Il faudrait effectuer un effort pluridisciplinaire de recherche pour étayer la prise de décisions stratégiques en cette matière.

Les compagnies énergétiques devraient promouvoir l'économie (*conservation*) d'énergie, plutôt qu'une plus forte utilisation. Il leur fau-

drait mener des recherches à l'avantage des consommateurs, afin de découvrir comment réduire la consommation des gros appareils domestiques tels que les calorifères, climatiseurs, laveuses et sècheuses, particulièrement pendant les pointes diurnes de consommation. De toute façon, il faudrait que ces entreprises étoffent leurs services de planification, plutôt que leurs services de promotion des ventes.

Les analystes, planificateurs et cadres administratifs des compagnies énergétiques effectuent des travaux de prévision et de planification à moyen et long termes, afin de permettre à ces entreprises de faire face à la consommation future. Ils étudient les options possibles, et les évaluent pour déterminer quelle est la façon la plus économique de satisfaire les besoins énergétiques. Les engagements financiers tiennent compte d'une croissance continue. En raison des délais de réalisation, qui atteignent six ou sept ans, il faut faire des immobilisations bien avant que l'énergie ne soit appelée par les utilisateurs. La décision de construire de nouvelles installations énergétiques s'appuie sur un processus de prévision de la consommation qui pêche par excès, par crainte de l'impossibilité de fournir les services demandés.

Pour compliquer les choses, ce processus suit un cercle vicieux. Le chiffre d'affaires des compagnies énergétiques détermine leurs possibilités financières et leurs prix de revient. En conséquence, elles s'efforcent de manipuler à la fois l'approvisionnement et la consommation. Il leur faut effectuer des études à long terme des besoins, de l'expansion des centrales et de leur disposition générale. Il leur faut s'assurer que leurs réserves énergétiques sont sûres, tout en évitant des investissements préliminaires improductifs. Sur un plan encore plus élevé, il faut que les compagnies énergétiques tiennent compte de l'intérêt national en matière de production, de transport et d'économie de l'énergie. En même temps, il leur faut obéir aux réglementations provinciales et municipales en matière de protection de l'ambiance, et devenir ainsi des exemples d'entreprises respectueuses de la nature environnante.

Enfin, les compagnies énergétiques devraient former et informer leurs actionnaires, qui sont les utilisateurs. Bien que peu d'autres secteurs industriels accomplissent un tel effort de planification à long terme et puissent se targuer un si long palmarès, le public ne se rend pas compte de l'importance croissante de ces services publics au sein de l'économie canadienne, à cause d'un manque d'information au sujet de leurs dépenses et de leurs plans d'expansion. La répugnance de ces compagnies et de leurs associations à publier des informations précises sur leurs plans d'avenir contribue à l'ignorance du public à propos des rôles importants qu'elles pourraient jouer. Il faut que cette lacune soit corrigée.

3) *L'industrie énergétique*

L'industrie énergétique canadienne cherche à satisfaire ses actionnaires, en mettant en œuvre les ressources énergétiques du Canada dans le cadre de certaines limitations que les autorités publiques et le marché lui imposent sur les plans économique, social et d'environnement. Le cadre

socio-économique où fonctionne l'industrie, dans notre société occidentale, offre de grands avantages, mais entraîne en même temps des faiblesses certaines. On connaît bien ces avantages: adaptation rapide aux nouvelles conditions économiques, diversification des produits en fonction des besoins de la plupart des gens, abaissement des prix grâce à la concurrence, modes de répartition et de livraison efficaces, etc. Les faiblesses, d'un autre côté, sont également marquées et, dans le secteur énergétique, elles concernent largement l'effort de R & D.

L'influence dominante des sociétés multinationales en mains étrangères constitue une faiblesse spéciale du secteur énergétique canadien, particulièrement dans les branches du pétrole, du gaz et du charbon. Dans un rapport précédent*, le Conseil des sciences a analysé les conséquences fâcheuses du monopole étranger sur les crédits que l'industrie canadienne consent à la R & D. Hormis les compagnies d'électricité, l'industrie énergétique se trouve dans une situation similaire. De nombreux critiques, y compris le Conseil des sciences, ont exprimé leur désaccord à propos de l'exploitation des ressources canadiennes grâce à des techniques et à du savoir-faire élaborés à l'étranger, et ont recommandé des actions pour stimuler l'effort canadien de R & D. Plusieurs paliers de gouvernement ont pris des mesures, récemment, pour associer plus étroitement les Canadiens à la mise en œuvre des ressources énergétiques, ainsi qu'au renforcement du potentiel technique et à l'expansion des programmes de R & D entrepris par les firmes étrangères au Canada. Les programmes à long terme de R & D pourraient être financés conjointement, et avantageusement, par les secteurs industriel et public. Ces progrès sont encourageants, et il faudrait les poursuivre, car il ne faut pas que nous soyons trop dépendants de l'effort de R & D et des bureaux d'étude de l'étranger, pour la mise en exploitation des ressources telles que les sables bitumineux de l'Athabasca ou les hydrocarbures de l'Arctique. Ce sont là des ressources bien canadiennes, et il faut que leur mise en œuvre soit effectuée aux conditions posées par le Canada. Des considérations d'autarcie (*self-sufficiency*), à elles seules, exigent la création d'un potentiel technique canadien en matière d'énergie par les industries concernées, même si, au début, elles nécessitent des débours un peu plus élevés ou entraînent certains retards de mise en œuvre.

La participation de l'industrie à cet effort est gênée par d'autres obstacles, qui ne sont pas particuliers au Canada. Les actions à long terme présentent des risques élevés, et les entreprises qui ne sont pas de grandes sociétés multinationales obtiennent difficilement des fonds d'investissement, à moins que le rendement n'en soit certain et élevé. C'est pourquoi de nombreuses firmes recherchent des projets susceptibles de procurer rapidement des profits après investissement. De plus, beaucoup d'entreprises, comme bien d'autres organismes, sont circonspectes et n'effectueront une modification importante que sous la pression d'une crise. Ces caractéristiques ont une forte influence sur l'effort de R & D, et elles

*A.J. Cordell, *Sociétés multinationales, investissement direct de l'étranger, et politique des sciences du Canada*, Étude de documentation n° 22, Ottawa, Information Canada, 1971.

sont responsables de l'absence de progrès dans des domaines prometteurs comme l'utilisation de l'énergie solaire ou de l'énergie d'origine biochimique.

4) *Les universités*

Le secteur universitaire accomplit un double rôle en matière énergétique. D'un côté, l'université forme les étudiants et de l'autre côté elle accomplit un effort de recherche. La première activité, celle de formation des étudiants, a été examinée dans le chapitre IV. En ce qui concerne le second aspect, l'activité de recherche, la contribution des universités canadiennes a été fort modeste. Il faut l'étoffer dès maintenant.

Tout d'abord, nous allons examiner l'effort de recherche fondamentale. Les solutions à long terme que le Canada recherche en matière énergétique ne proviendront que de l'exploitation de nouvelles idées. Ce ne sont pas les ingénieurs des compagnies d'électricité qui ont inventé les réacteurs électronucléaires, ni les éleveurs de chevaux qui ont pensé à accélérer les transports, ni les ornithologistes amateurs qui ont rêvé de voler, ni même les journalistes ou les propriétaires de théâtres qui ont conçu la télévision. Peut-on extraire plus tard du pétrole des sables bitumineux sans utiliser nos méthodes actuelles, plus que grossières et nécessitant des fortes quantités d'énergie? Les méthodes biologiques seraient-elles praticables? Pourrions-nous découvrir des méthodes entièrement nouvelles pour transformer l'énergie solaire? Bien entendu, on peut espérer faire des découvertes, mais on n'en a pas la certitude. Il faut que nous fassions de notre mieux pour créer un cadre favorisant l'apparition d'idées originales. L'université constitue un tel cadre d'activité novatrice, mais elle n'est pas le seul. Et pour que les conditions favorables y soient réunies, il faut qu'elle dispose d'un financement suffisant à l'effort de recherche fondamentale et d'analyse.

Cependant, la recherche fondamentale n'est pas le seul genre d'activité que les universités ont à accomplir. Elles disposent d'une occasion unique dans le domaine des sciences appliquées et en étude des politiques énergétiques. La complexité de l'ensemble systémique de l'énergie, qui comprend des éléments sociaux, économiques et techniques, nécessite la réalisation d'une étude intensive et de grande envergure. Les universités doivent accomplir l'analyse approfondie et la synthèse des problèmes complexes de l'énergie. Elles ne s'y sont pas encore décidées. La première étape serait la création d'instituts universitaires pour la recherche et l'analyse des problèmes énergétiques, mais il faudrait que cet effort suive une approche systémique et multidisciplinaire. Les instituts de recherche énergétique récemment créés par l'Université de l'Alberta et l'Université de Calgary constituent des progrès dans la bonne direction. Ils sont financés par le secteur public et les firmes énergétiques, et les universités leur fournissent les installations et le personnel auxiliaire. Nous espérons que d'autres instituts seront créés.

IX. Orientations techniques de l'approvisionnement énergétique

Dès maintenant les administrations publiques, les industries et les universités accomplissent un grand nombre d'actions de R & D énergétique, qui coûtent des centaines de millions de \$. Une grande partie de ce travail est fort bon. Son financement était suffisant, mais il diminue. Cependant, des travaux tout aussi importants qui portent sur les besoins à long terme ne sont pas exécutés ou sont juste ébauchés.

Comme on pouvait s'y attendre, les projets particuliers et les programmes de R & D entrepris par les firmes industrielles et les services publics, et habituellement financés par eux, ont généralement un rapport direct avec leurs objectifs et leurs tâches. Par exemple, un certain nombre de sociétés pétrolières ont fait un effort considérable de R & D en production de pétrole à partir des sables bitumineux de l'Athabasca, des régies énergétiques accomplissent des travaux en matière de production, de transport et de distribution de l'énergie hydroélectrique, et l'ÉACL effectue du développement technique concernant les centrales électro-nucléaires. Ce sont évidemment des activités convenant à ces organismes, et les besoins énergétiques du Canada ne pourront être satisfaits que si elles sont accomplies. De plus, les moyens financiers de ces entreprises sont suffisants pour que l'effort de recherche soit d'ampleur appropriée (cependant, ce n'est pas toujours le cas, comme le montre l'exemple de l'ÉACL, qui a été dans l'impossibilité de mener des essais-pilotes pour certaines variantes intéressantes de la filière CANDU).

Si l'on compare les activités ci-dessus avec celles qui portent sur les méthodes d'utilisation du rayonnement solaire et des énergies éolienne et géothermique, sur l'énergie d'origine biochimique, sur la filière magnétohydrodynamique, ou sur la production de l'hydrogène, on fait deux observations intéressantes: Tout d'abord, on note que l'effort de recherche dans ces derniers domaines est d'envergure insuffisante, et qu'on n'en tirera pas des résultats utiles à notre approvisionnement énergétique à long terme. Deuxièmement, la mise en œuvre des options énergétiques n'entre dans le mandat particulier d'aucun organisme ayant de larges moyens financiers. Les faibles efforts de recherche sont souvent effectués dans un secteur non approprié, et sont mal financés; bref, si nous paraissons accomplir un effort suffisant dans un certain nombre de domaines traditionnels, les options énergétiques originales ou révolutionnaires ne sont guère étudiées, en dépit du rôle important qu'elles pourraient éventuellement jouer.

Nous ne soutenons pas qu'il faudrait financer aveuglément des efforts de recherche dans tous les domaines que nous avons mentionnés précédemment, ainsi que dans d'autres. Certains nécessiteraient des mises de fonds considérables pour passer le seuil de l'efficacité, alors que d'autres n'exigeraient que de modestes crédits. Les choix devront être faits en se basant sur les grandes lignes de conduite tracées par la conférence intergouvernementale des ministres intéressés. Nous avons souligné, plus haut, que le Canada dispose d'un plus grand nombre d'options énergétiques que les autres nations. Il pourrait satisfaire à ses besoins futurs en cette

matière en utilisant plus ou moins les filières de l'électricité, du gaz, du charbon, ou une filière nouvelle. Mais il faut que le choix de ces options soit explicite. Une décision judicieuse s'appuiera sur l'étude des options intéressantes et des facteurs appropriés, dans le cadre d'une étude systématique.

Le choix des filières énergétiques devra tenir compte d'importants facteurs régionaux. On pourrait en donner un exemple hypothétique: le secteur énergétique futur du Canada s'appuierait sur les ressources hydrauliques et géothermiques de la Colombie-Britannique, le charbon et le gaz des provinces des Prairies, l'énergie électronucléaire de l'Ontario, les ressources hydrauliques et l'énergie électronucléaire du Québec, l'énergie électronucléaire et le pétrole des provinces maritimes, les ressources hydrauliques et le pétrole de Terre-Neuve; il serait complété par l'utilisation de l'énergie solaire et d'autres filières énergétiques toutes nouvelles dans tout le pays, et le stockage de l'énergie serait assuré par la fabrication d'hydrogène ou d'un fluide équivalent. Bien entendu, ce scénario devrait répondre aux critères économiques et à ceux de la protection de l'environnement. Seule une étude exhaustive permettrait de le soutenir.

En supposant que ce scénario réponde aux divers critères, et qu'on puisse prouver sa supériorité, on peut faire immédiatement une observation importante: Actuellement, nous n'avons pas de connaissances suffisantes pour le concrétiser. Le Canada ne dispose pas du potentiel technique nécessaire à l'exploitation des ressources géothermiques, à la mise en œuvre de la gazéification de la houille, et à la production d'hydrogène à grande échelle; ses entreprises n'ont pas d'expérience en chauffage solaire des domiciles et des bureaux, et aucune d'entre elles n'utilise l'énergie d'origine biochimique. Par-dessus tout, le Canada ne dispose pas d'un organisme qui pourrait coordonner la mise en œuvre du programme de recherche et le financement indispensable pour exploiter les conjonctures favorables.

Nous voudrions faire une observation générale, portant sur les prix de revient, avant de présenter nos recommandations sur les orientations techniques. Il est primordial de savoir que l'ampleur du financement d'un programme quelconque dépend très étroitement du stade de développement de la technologie concernée. On reconnaît, en général, que le financement s'accroît très fortement d'une étape à l'autre du processus habituel de la recherche préliminaire, de la recherche appliquée et du développement technique, jusqu'à la construction d'usines-pilotes. Disons, par exemple, que les premiers travaux de recherche accomplis par des scientifiques tels que Fermi, Hahn, Meisner et d'autres, qui ont les premiers découvert les phénomènes de fission et ont prouvé scientifiquement la faisabilité de la réaction en chaîne, ont coûté environ 100 000 \$. Leurs efforts de pionniers ont permis la réalisation de programmes de R & D de grande envergure en matière de fission nucléaire, qui ont nécessité des dépenses de millions de \$. Maintenant, la construction des centrales

électronucléaires partout dans le monde nécessite des investissements dépassant aisément le milliard de \$ annuellement. Donc, l'ampleur du financement d'un programme particulier à un moment donné révèle tout aussi bien, ou même mieux, l'état actuel des progrès réalisés dans les domaines concernés, que son importance propre. De même, l'allocation d'un faible financement à un domaine relativement peu exploré peut entraîner de grands investissements quelques années plus tard, si la recherche préliminaire ouvre des voies prometteuses à des phases plus coûteuses de développement technique. Cependant, il ne faudrait consentir ce financement que si l'on prouve l'existence de perspectives intéressantes.

Après cette mise en garde, le Conseil des sciences recommande que l'expansion ou la mise en œuvre des programmes de R & D progresse le long de trois voies séparées:

- 1° expansion des activités techniques visant à l'exploitation de nos réserves de combustibles fossiles;
- 2° accroissement de l'effort consacré au développement continu du fructueux programme CANDU;
- 3° lancement de programmes de recherches préliminaires sur une gamme de filières énergétiques complémentaires, en vue de déterminer celles qu'il faudrait développer jusqu'au stade de l'utilisation pratique.

Nous allons étudier plus en détail ces trois avenues de progrès.

Les combustibles fossiles

Nous nous efforcerons de placer nos propositions de R & D en matière de combustibles fossiles dans le cadre de l'évolution de leur importance pour l'approvisionnement énergétique. Nous devons leur demander de fournir la plus grande partie de l'énergie consommée à court et moyen termes, en raison des long délais nécessités par la mise en œuvre des nouvelles filières énergétiques. Ils ont l'avantage d'être aisément transportables. Ce n'est qu'à long terme que l'effort de R & D pourrait nous fournir des combustibles de remplacement, tels que l'hydrogène ou le méthanol, qui seraient de transport et de stockage aisés, et peu polluants.

Bien que l'importance relative des combustibles fossiles doive décroître, on les utilisera en quantité croissante jusqu'à la mise au point de filières de remplacement satisfaisantes et concurrentielles. Il est probable qu'à long terme le pétrole brut conservera son importance pour certaines utilisations spécialisées, par exemple en agriculture, dans le secteur des transports et comme matière première industrielle, en dépit de la mise au point éventuelle de nouveaux combustibles et des progrès des techniques pétroléochimiques.

Il faudra dresser un échéancier de R & D tenant compte du rôle réservé aux combustibles fossiles par la politique énergétique, afin de satisfaire les besoins énergétiques à court et moyen termes, et de créer le potentiel technique qui nous permettra de choisir les options avantageuses en matière d'approvisionnement et d'utilisation à long terme des

combustibles fossiles. Comme les délais de réalisation sont très longs, il faut élaborer et lancer les programmes de R & D dès maintenant, indépendamment du moment espéré pour l'obtention des résultats.

Le rôle des techniques de transformation et de valorisation s'accroît au fur et à mesure que nous passons du pétrole brut et du gaz naturel au bitume et au charbon, et que le rapport carbone/hydrogène de ces substances augmente. Il faut que nous améliorions le rendement et le bilan énergétique des processus d'extraction, de traitement, et particulièrement de valorisation chimique. Le perfectionnement des techniques d'exploitation des sables bitumineux nécessite un effort continu et accru, de même que la construction des ateliers-pilotes de séparation rentable et efficace des sables et des bitumes qu'ils contiennent, et de valorisation. La recherche en ce domaine est d'une importance particulière pour notre pays, en raison de la quantité énorme de bitumes qu'on pourrait extraire de nos sables asphaltiques, par des techniques de traitement sur place.

Il est d'importance vitale de maintenir des réserves énergétiques suffisantes, grâce à la prospection et à l'évaluation des gisements pétroliers, gaziers et charbonniers. Par exemple, il faudrait recommencer dans d'autres régions du Canada l'inventaire des gisements charbonniers réalisé par le gouvernement fédéral et le gouvernement provincial en Nouvelle-Écosse. De plus, il faudrait mettre au point les techniques appropriées ou les adapter à l'exploitation pétrolière et gazière dans l'Archipel arctique et sur le plateau continental. Il faut que nous ayons des spécialistes capable de conduire les opérations dans les bassins sédimentaires, sur le plateau continental de la Nouvelle-Écosse et dans les régions au large de la côte Nord-Est de Terre-Neuve, et de celles du Labrador et de l'Île de Baffin. Il faut accomplir un effort permanent de R & D, visant à améliorer la récupération des combustibles fossiles des gisements de pétrole, de gaz et de charbon. Notre approvisionnement en hydrocarbures serait accru par la récupération secondaire du pétrole, l'exploitation par poussée d'aquifère et la mise en œuvre des gisements de gaz peu économiques. De même, la mise au point de techniques et de matériels pour l'extraction de charbon dans les conditions qui se présentent au Canada, et particulièrement dans la région des Montagnes Rocheuses, permettrait d'accroître nos réserves charbonnières.

Le lancement d'un programme d'évaluation et de réduction des incidences de la production des combustibles fossiles sur l'environnement canadien est d'une importance particulière, et permanente. Il faudrait promulguer des réglementations de protection de l'ambiance, obligeant les exploitants des mines en découverte à remettre en place les morts-terrains, à régénérer les sols et à maintenir la qualité des eaux de ruissellement. Leurs besoins en eau peuvent être fort grands, ce qui constitue un facteur limitatif. Les exploitations minières à ciel ouvert peuvent soustraire des sols à l'agriculture, et il faudra prendre de difficiles décisions en cas d'intérêts antagonistes. La circulation des pétroliers transportant du pétrole brut ou des produits de raffinage, et des méthaniers transportant

Tableau IV – Effort de R & D en matière de combustibles fossiles

	A. Pétrole et gaz	B. Sables bitumineux (et pétroles visqueux)	C. Charbons
1. Prospection et évaluation	Maintien d'une croissance suffisante des réserves; mise au point des techniques pétrolières pour l'Arctique et l'exploitation sous-marine; inventaire des ressources; méthodes d'approvisionnement; surveillance des progrès des techniques de prospection et de mise en exploitation utilisées dans des régions productrices pétrolières et gazières.	Programme de forage; inventaire des réserves et mise à jour.	Amélioration de la prospection et de l'évaluation des gisements; inventaire des réserves et mise à jour.
2. Mise en exploitation et potentiel technique	Amélioration des méthodes de forage et d'équipement dans l'Arctique et au large des côtes; surveillance des progrès réalisés dans les techniques de stimulation.	Recueil des données capitales pour la planification à long terme; amélioration du rendement (plus de 90%); réchauffement électromagnétique; stimulation à l'eau chaude des pétroles visqueux.	Recherches sur l'extraction; exploitation des gisements de valeur marginale; économies de dimension; taille du matériel.
3. Extraction et récupération	Accroissement du taux de récupération et amélioration de la récupération par le perfectionnement des techniques, la modélisation et la recherche de laboratoire; attention accordée aux réservoirs peu profonds ou à faible pression, constitués par des couches multiples et hétérogènes, de faible porosité.	Enlèvement économique des morts-terrains épais; extraction primaire; récupération par moussage; recherche thématique, fondamentale et à long terme sur l'extraction en place à fort rendement énergétique; amélioration du taux de récupération (95%).	Techniques d'exploitation minière à ciel ouvert; amélioration de la récupération; abattage hydraulique; équipement d'abattage en longue taille; études sanitaires et sociales.
4. Production	Installations et équipements des champs pétrolifères; recherche séquentielle sur les gisements de gaz et de condensats subissant de fortes variations de pression; rationalisation des travaux; optimisation de la production des gisements dans les conditions arctiques; automatisation de l'exploitation des champs pétrolifères dans les conditions canadiennes; technologie de désulfuration et d'utilisation du soufre.	Construction d'ateliers-prototypes; amélioration du rendement énergétique au delà de 65%.	Amélioration de la production; économies de dimension; taille du matériel; réduction des frais de production, mais inclusion des coûts sociaux; mise au point des techniques et du matériel convenant aux conditions locales.

5. Transformation	Traitement dans l'Arctique et au large des côtes; reformage du gaz naturel pour produire du gaz commercial, du propane, du butane et du naphta (méthode mise au point par le <i>British Gas Council</i>); polymérisation du gaz.	Valorisation du bitume; réduction de la quantité de produits résiduels et de la teneur en soufre.	Techniques de valorisation du charbon; recherches thématiques sur la gazéification du charbon; usine-pilote de gazéification du charbon en 1980-1985; surveillance de l'évolution des techniques de gazéification du charbon en place; techniques d'hydrogénation du charbon.
6. Transport	Gaz naturel réfrigéré; gaz naturel liquéfié; techniques des pétroliers océaniques et des ports en eaux profondes.	Canalisations; le concept d'artères.	Écoulement des mélanges complexes; émulsion du charbon dans l'huile; émulsion du charbon dans l'eau; trains-blocs.
7. Stockage et raffinage	Amélioration du stockage du gaz; maintien de la capacité et de la souplesse du raffinage.	Solutions originales.	Stockage en masse; méthodes efficaces de manutention.
8. Approvisionnement	Analyse systémique et recherche pluridisciplinaire.	Taux optimal de développement; études sur les incidences économiques.	Études économiques sur le transport transcontinental.
9. Distribution et commercialisation	Élaboration de nouvelles stratégies.		
10. Utilisation	Étude d'utilisations particulières (par exemple, en agriculture, dans les transports, comme matière première); utilisation plus profitable comme matière première des divers processus pétrochimiques et de l'industrie alimentaire.	Choix des utilisations finales.	Utilisation dans les centrales thermiques; charbon sidérurgique.
11. Protection de la qualité de l'environnement	Tous les aspects de l'approvisionnement; dispositifs anti-pollution pour autos.	Besoins en eau et pollution; espacement des implantations d'usines; pollution de l'air; utilisation du sol et traitement paysager; extraction en usine; régénération du sol; rétablissement de la qualité du milieu.	Utilisation du sol; exploitation à ciel ouvert; traitement paysager; méthodes de régénération du sol; qualité de l'air, élimination du SO ₂ , des oxydes d'azote et des poussières; protection des eaux courantes et de la nappe phréatique; réglementation des activités en surface; perfectionnement des groupes électrogènes utilisant la gazéification en lit fluidisé et la combustion sous haute pression pour réduire la quantité de SO ₂ , d'oxydes d'azote et de poussières dans les fumées.

des gaz liquéfiés, s'intensifiera; il faudra mettre en place des réseaux de surveillance et de contrôle, et dresser des plans d'action pour parer ou remédier aux accidents possibles. Nous ne pouvons répondre à toutes ces questions que si nous sommes prêts à consacrer des ressources suffisantes à la R & D en matière d'environnement.

Bien des activités de R & D nécessaires à la mise en œuvre de ressources énergétiques canadiennes ont des aspects internationaux. Les ressources en combustibles fossiles qui sont encore à mettre en exploitation dans le monde sont énormes, et c'est pourquoi bien des résultats de la R & D réalisée à l'étranger peuvent être appliqués au Canada. Notre pays pourrait collaborer avec les É.-U. et l'U.R.S.S., et d'autres pays encore, pour effectuer des recherches sur certains aspects de l'activité humaine en climat inhospitalier, sur la stabilité et la sécurité des ouvrages établis sur le pergélisol ou en mer, et sur les moyens de transport du personnel et des matériaux dans ces régions. Nos spécialistes pourraient collaborer avec ceux des États-Unis, d'Allemagne Occidentale, de Pologne, du Royaume-Uni, de France, de l'U.R.S.S. et du Japon, afin de mettre au point de nouveaux matériels miniers et des équipements de mines (comme par exemple l'équipement d'abattage hydraulique, celui d'abattage en longue taille, les matériels d'hydrogénation du charbon, de liquéfaction du gaz et autres modes de transformation et de valorisation). C'est sur le plan international qu'il est plus aisé de mener à bien les recherches sur l'amélioration et l'utilisation des combustibles fossiles, ainsi que l'évaluation des répercussions de leur combustion sur les populations humaines et animales, les ressources végétales, les océans et l'atmosphère terrestre. Nos spécialistes devraient surveiller l'apparition de progrès dans les techniques qui peuvent être perfectionnées notablement à l'étranger. L'accomplissement d'un programme limité de recherche en ces domaines nous permettrait d'utiliser les résultats obtenus dans les autres pays.

La coordination de l'effort de R & D sur la production, le transport, la transformation et l'utilisation des combustibles fossiles serait facilitée par l'élaboration d'un programme cohérent par les administrations publiques et l'industrie. Le tableau IV s'efforce de classer les activités de R & D nécessaires.

En général, il faudrait décrire, organiser et utiliser en commun les ressources nationales en matière de recherche, autrement dit employer l'approche systémique en matière de R & D dans les industries des combustibles fossiles.

Les actions éventuelles de R & D devraient être classées par ordre d'importance pour les objectifs nationaux. Il est indispensable que l'industrie énergétique assume un rôle prédominant dans la mise en œuvre des programmes de R & D.

Bien que nous ayons décrit ci-dessus les éléments importants d'un programme de recherche sur les combustibles fossiles, ce ne sont pas nécessairement les seuls. Le coût initial *supplémentaire* d'un tel programme atteindrait de 25 à 35 millions de \$ chaque année.

L'énergie électronucléaire

Nous croyons que l'énergie électronucléaire constituera la source principale d'énergie électrique du Canada à la fin du siècle, et qu'elle sera produite par des variantes perfectionnées de la filière CANDU. Nous soutiendrions un effort axé dans les directions suivantes:

La réalisation, à titre de démonstration commerciale, d'un réacteur CANDU à caloporteur organique, afin d'obtenir des rendements nets plus élevés;

l'étude plus attentive de l'utilisation du thorium dans les cycles de combustible de la filière CANDU, afin d'accroître énormément nos réserves de combustibles nucléaires;

l'évaluation permanente des avantages du recyclage du plutonium produit dans les centrales CANDU actuelles (l'amélioration économique éventuelle du cycle du combustible doit être soigneusement comparée avec les désavantages du mode de recyclage qui serait nécessairement utilisé);

la mise au point plus attentive de nouvelles techniques de valorisation des minerais d'uranium de teneur décroissante.

Ce programme principal de développement technique coûterait environ 100 millions de \$ pour chacune des prochaines années.

Il est nécessaire d'entreprendre des travaux séparés pour étayer la réglementation canadienne de l'industrie nucléaire, afin de compléter le programme de développement électronucléaire. Il faudrait effectuer un effort de R & D et des enquêtes sur les conséquences de l'irradiation des populations, et sur la sécurité des modes de transport, de stockage et de gestion à long terme des résidus radioactifs. Le coût d'un programme méthodique en ces matières pourrait atteindre 5 millions de \$ pour chacune des prochaines années.

En ce qui concerne les techniques de fusion thermonucléaire, nous recommandons que le Canada:

ne tente pas de mettre sur pied un programme complet de production d'énergie électrique par la fusion thermonucléaire, mais:

s'efforce de collaborer avec les autres nations en cette matière, en se spécialisant dans un domaine particulier de la fusion: nous croyons qu'il serait préférable que notre pays concentre ses efforts sur la technologie des matériaux, et

fasse porter ses efforts initiaux sur l'utilisation des phénomènes thermonucléaires comme sources de neutrons pour la production de combustibles fissiles, plutôt que comme producteurs nets d'énergie. De cette façon, notre contribution aux techniques de fusion thermonucléaire constituerait à long terme un appendice naturel de notre programme électronucléaire. Enfin, nous considérons que la contribution du Canada aux études sur la fusion thermonucléaire coûterait en moyenne de 10 à 20 millions de \$ annuellement, au cours des 20 ou 25 prochaines années.

Les filières énergétiques complémentaires

Le Canada a acquis son statut de nation autonome au cours d'une période qui a été témoin d'une vague sans pareille d'innovations techniques. La

première phase de notre évolution était terminée, le pays était habitable, la population était devenue instruite et les infrastructures étaient en place. Les générations antérieures de Canadiens étaient fières de ce qu'elles avaient accompli. Cependant, il est apparu que l'effort de colonisation intérieure et la participation entière à l'innovation technique ne pouvaient se dérouler parallèlement. C'est pourquoi l'édification de notre nation a retardé notre industrialisation complète. Il se trouve même que notre industrie secondaire est encore peu développée. Ce sont des capitalistes étrangers qui ont mis en exploitation les ressources pétrolières, gazières et charbonnières, peut-être par la force des choses. Les industries de matières premières qui ont surgi se trouvent en majeure partie en des mains étrangères. Dans les circonstances actuelles, on doit se rendre compte que l'activité de ces industries a atteint un palier, et que leur importance relative décroîtra certainement à l'avenir. D'un autre côté, si nous étudions la plus récente des industries énergétiques, l'industrie électronucléaire, nous remarquons que nos spécialistes ont participé sans restriction au développement de ses techniques complexes, et avec beaucoup de succès. Ceci devrait nous servir d'exemple pour la mise en œuvre des filières énergétiques de l'avenir.

En d'autres mots, la deuxième phase du développement du Canada s'appuie sur une infrastructure en place, un marché des capitaux bien développé, et une population soigneusement instruite. Il nous faut donc utiliser cette gamme d'avantages pour la mise en œuvre judicieuse des nouveaux potentiels énergétiques. Si, comme nous le devons, nous relevons ce défi, les industries énergétiques qui prendront la suite des sociétés pétrolières seront canadiennes, tout comme le potentiel scientifique et technique concerné. Pour y parvenir, il faudra que les industries et les universités canadiennes fassent un effort concerté de R & D, avec l'aide des divers paliers de gouvernement du Canada. Il faudra lui assurer un financement suffisant pour qu'il se poursuive sans interruption. Le succès obtenu par le programme électronucléaire canadien nous donne l'assurance nécessaire pour en accepter le défi.

Les nouvelles filières énergétiques complémentaires pourraient s'insérer dans le secteur de l'énergie de diverses façons, car leur rentabilité et leur valeur technique ne sont pas prouvées. Ces filières sont les suivantes: l'énergie solaire, l'énergie de la matière organique, l'énergie de recyclage des déchets, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, l'énergie marémotrice, l'utilisation énergétique de l'hydrogène, les piles à combustible, la production magnétohydrodynamique d'électricité, etc. Il ne semble pas que les répercussions de leur emploi puissent modifier l'évolution générale du secteur énergétique pendant le dernier quart du XX^e siècle. Par contre, leur importance pourrait se manifester au cours des premières décennies du XXI^e siècle, pourvu que nous entreprenions dès maintenant l'effort de R & D indispensable.

La première action à entreprendre en cette matière serait de mener des études de documentation sur les diverses formes d'énergie et les techniques correspondantes, afin d'obtenir des notions claires sur la contri-

bution éventuelle des filières complémentaires, leur coût probable, leurs répercussions sur l'environnement, les problèmes scientifiques et techniques qui se présenteront, etc. En d'autres mots, ces études permettraient à nos dirigeants de prendre des décisions fondées en toute connaissance de cause, et de choisir quelles seraient les techniques à développer.

Le financement du programme complet concernant ces filières énergétiques complémentaires pourrait atteindre de 7 à 10 millions de \$ pour chacune des prochaines années. Comme nous l'avons indiqué précédemment, cette somme modeste pourrait croître rapidement au cours d'une période de cinq à dix ans, et atteindre des dizaines de millions de \$ annuellement. Il est nécessaire de disposer d'une information plus complète sur les perspectives sérieuses offertes par chaque option énergétique, avant d'y consacrer des montants de cette importance.

L'étude de l'*énergie solaire* ne dispose actuellement d'aucun financement; cependant, cette filière jouera ultérieurement un rôle complémentaire important dans l'approvisionnement énergétique mondial, y compris la production d'énergie électrique. On ne devrait pas mettre en œuvre dès maintenant de programme de R & D sur les centrales «électro-solaires», mais par contre on pourrait concerter les efforts de tous les organismes s'intéressant à l'utilisation des récepteurs individuels de rayonnement pour le chauffage et la climatisation des domiciles, et le chauffage de l'eau domestique. Il faudrait que cet effort de R & D soit complété par la réalisation d'installations modèles, qui permettraient de familiariser les décideurs (c'est-à-dire les entrepreneurs et les donneurs d'ordres) avec les possibilités offertes par les techniques existantes. La Société centrale d'hypothèques et de logement, par exemple, pourrait fournir les incitations nécessaires.

Nous recommandons la mise sur pied d'un programme de R & D sur l'*énergie de la matière organique*, qui associerait les efforts des divers ministères des Forêts et de l'Agriculture, de même que ceux des organismes qui s'intéressent déjà au problème. En outre, il faudrait réaliser des programmes de démonstration, par exemple des plantations et des cultures d'algues qui permettraient d'obtenir des données plus sûres en matière de coûts effectifs.

L'étude de l'*énergie tirée des déchets* devrait se poursuivre par la polarisation des efforts de R & D autour de deux programmes distincts, l'un agricole et l'autre urbain. Il est indispensable d'obtenir la participation des entreprises au développement des techniques, de même que celle des trois paliers de gouvernement pour inculquer au public la discipline nécessaire à l'utilisation effective et économique des déchets.

L'envergure éventuelle de l'utilisation de l'*énergie éolienne*, et les technologies auxiliaires pourraient constituer le sujet d'un programme de R & D coordonné et administré par le Conseil national de recherches du Canada. La construction d'installations modèles pourrait compléter ce programme, et démontrer les possibilités de stockage de l'énergie et le perfectionnement des modèles canadiens d'éoliennes. Il faudrait inviter les firmes canadiennes à participer à cette entreprise, dès ses débuts.

L'énergie géothermique ne pourra être utilisée que graduellement, et régionalement, jusqu'à l'an 2000. En raison de l'adaptation possible de techniques existantes, il sera possible de mettre au point la filière géothermique, même sans percée technique. Il faudrait poursuivre le programme de prospection et d'évaluation des ressources géothermiques. On devrait encourager les industries énergétiques à participer à ces efforts dès que les gouvernements provinciaux et fédéral auront fait voter la législation nécessaire en matière d'utilisation des diverses formes de cette filière énergétique.

La mise en œuvre de l'énergie marémotrice a une importance régionale particulière, au Canada. On devrait reconsidérer périodiquement la rentabilité de cette filière pour en déterminer la faisabilité et les avantages. Il serait relativement peu coûteux de procéder à l'étude critique des techniques de captation de l'énergie cinétique de la houle, et de celle du gradient thermique de l'océan.

Les filières de l'hydrogène et des combustibles équivalents pourraient jouer un rôle ubiquitaire au cours du XXI^e siècle. Il faudrait mettre sur pied un programme de R & D permettant d'évaluer le rôle de l'hydrogène en tant que combustible, et de déterminer ses caractéristiques de production, de transport, de stockage et d'utilisation. Il faudrait également évaluer son rendement thermique éventuel, de même que les matériaux et les techniques sécuritaires que son emploi nécessiterait.

La transformation directe d'autres formes de l'énergie en électricité offre un grand intérêt, à cause de sa simplicité et de son rendement éventuel élevé. Les technologies concernées souffrent de limitations pratiques qui en excluent l'emploi économique, à moins que des percées techniques ne soient réalisées prochainement. Les piles à combustible pourraient jouer un rôle important pour le stockage de l'énergie d'origine solaire ou éolienne, et pour leur intégration dans le secteur énergétique. Nous recommandons la mise en œuvre d'un programme de R & D permettant de suivre et de coordonner les progrès réalisés. De même, il faudrait surveiller les progrès des autres méthodes de transformation directe (telle la filière magnétohydrodynamique).

Il faudrait suivre les travaux de R & D effectués à propos de la transformation directe de l'énergie thermique à température modérée et de l'économie d'énergie calorifique; cette surveillance pourrait s'effectuer sous l'égide du Conseil national de recherche, du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, et des régies provinciales énergétiques, en vue d'applications futures (par exemple l'utilisation de la chaleur modérée fournie par la fermentation des déchets pour le chauffage collectif et pour toute une gamme d'entreprises agricoles et aquicoles).

L'instrument administratif pour la réalisation d'un programme majeur

Quelles sont les dispositions administratives qui permettraient au Canada de lancer ses actions en matière de R & D énergétique? Certaines des actions que nous avons recommandées ont toutes les caractéristiques des programmes majeurs que nous avons déjà examinés en bien des occa-

sions*. Elles nécessitent la participation des divers paliers de gouvernement, des universités et du secteur privé, de ceux qui seront chargés de concevoir et de concrétiser les filières et de ceux qui les utiliseront. En raison de l'ampleur et de l'étendue des programmes indispensables, il serait intéressant de tirer les leçons offertes par le programme d'énergie électronucléaire du Canada, qui a été le programme majeur le mieux réussi jusqu'à présent.

C'est la délimitation d'un objectif précis, dont la réalisation pourrait être évaluée, qui a constitué la première caractéristique importante du programme d'énergie électronucléaire: il devait permettre la mise au point d'une filière électronucléaire économique et sûre. On a estimé qu'une Société fédérale de la Couronne serait le meilleur instrument pour mettre en œuvre ce programme. En effet, c'est le gouvernement fédéral qui devait financer presque exclusivement l'effort de recherche, de développement technique et de construction. Mais sa création a aussi suscité des critiques, soulignant que les firmes industrielles qui ont participé à la réalisation du programme électronucléaire, que ce soient les fabricants, les cabinets de consultants, etc., ont accompli moins de R & D qu'il aurait fallu pour que le programme produise des résultats maximaux. Cette opinion peut être soutenue bien entendu, mais l'analyse de ce problème nécessiterait qu'on compare l'influence des politiques d'achat des industries énergétiques concernées avec la politique d'impartition de l'ÉACL.

Plusieurs facteurs ont motivé leur choix d'une Société de la Couronne pour animer le programme majeur d'énergie électronucléaire, dans le cadre du Canada d'après-guerre:

les aspects stratégiques et militaires de la recherche nucléaire à ses débuts; l'ampleur des moyens financiers nécessaires (plus d'un milliard de \$ au cours de presque trois décennies), empêchant le secteur privé d'être un protagoniste en cette matière, même aux États-Unis; et l'absence d'antagonisme entre les administrations provinciales et fédérale en cette matière.

L'analyse de l'infrastructure du programme d'énergie électronucléaire permet d'établir une série de critères auxquels les programmes énergétiques majeurs devraient répondre. Les voici:

- a) nécessité d'indiquer des objectifs précis aux programmes, et de les conserver à long terme;
- b) nécessité de disposer d'un financement important et sûr pour l'exécution des programmes de R & D à long terme;
- c) nécessité de créer un potentiel de gestion systémique, qui régirait globalement les programmes de R & D;
- d) nécessité de faire participer tous les futurs utilisateurs des techniques élaborées à la phase de R & D;
- e) nécessité de faire participer les éventuels fabricants de matériels à la phase de R & D des programmes.

*Particulièrement dans le Rapport n° 4, «Vers une politique nationale des sciences au Canada», octobre 1968.

Ces critères devront être satisfaits par tout programme majeur. Cependant, les programmes mis en œuvre dans deux domaines, celui des combustibles fossiles et celui des filières énergétiques complémentaires, poseront leurs propres problèmes d'infrastructure et de politique. Si, par exemple, le Canada choisissait de développer des techniques d'hydrogénation de ses charbons, satisfaisantes sur le plan de l'économie et de l'environnement, les critères mentionnés précédemment susciteraient quelques questions évidentes:

- Qui devrait financer la phase de R & D? Le gouvernement fédéral? Ou les provinces disposant de grands gisements de charbon? Ou bien encore les sociétés charbonnières, pétrolières (surtout en mains étrangères)? Ou bien quelque association de ces organismes?
- Qui serait chargé d'exploiter les usines d'hydrogénation du charbon? les régies provinciales? les sociétés charbonnières? les sociétés pétrolières? l'industrie chimique?
- Existe-t-il des fabricants de matériel en puissance pour une telle filière?
- Qui devrait être titulaire des droits de propriété sur les techniques mises au point? (Cette question pourrait devenir cruciale dans le cas d'un programme financé par le secteur public, et réalisé par les sociétés multinationales).
- Qui a les droits de propriété ou la mainmise sur les ressources auxquelles s'appliquerait la technologie mise au point?
- Quel effort la mise en œuvre d'un tel programme exigerait-elle de nos établissements d'enseignement supérieur, tant sous la forme d'une participation directe à l'activité de R & D, que sous celle de la communication aux futurs étudiants des informations recueillies sur les professions accessibles?

La nature des réponses données à chacune de ces questions, et à bien d'autres, déterminerait les grandes lignes de l'infrastructure nécessaire à la réalisation du programme.

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, les gouvernements provinciaux n'ont fait aucune objection au rôle assumé par le gouvernement fédéral dès les premières phases du programme électronucléaire. Ces circonstances ne prévaudraient pas dans le cas de programmes majeurs sur les combustibles fossiles ou sur les filières énergétiques originales car, dans les deux cas, les administrations provinciales s'intéressent fortement à leur réalisation. Si le financement conjoint est, comme il le devrait, à l'ordre du jour, faudrait-il organiser les programmes de façon à ce qu'ils répondent aux vœux de leurs parrains, les paliers de gouvernement, et qu'ils conservent aussi assez de latitude pour atteindre leurs objectifs par la voie la plus directe? On doit remarquer que, sur le plan international, on a déjà essayé de mettre sur pied des programmes portant sur divers domaines techniques, y compris l'énergie nucléaire. Certains de ces projets n'ont guère eu de suites, souvent à cause d'une gestion mal organisée dès le début. Les problèmes rencontrés ont été soigneusement analysés*,

*Voir, par exemple, R. Williams, *European Technology (The Politics of Collaboration)*, Croom Helm, 1974, qui en fournit une analyse synoptique.

et il faudrait tenir compte des leçons qu'on peut en tirer avant de lancer des programmes nécessitant la collaboration des plus hauts paliers de gouvernement.

Pour conclure, le Conseil des sciences souligne le rôle important, pour le financement des programmes majeurs qu'il a proposés, que les autorités publiques assument, que ce soit le gouvernement fédéral ou les gouvernements provinciaux, ou plus probablement une association de ces deux paliers d'administration. C'est pourquoi les autorités devraient prendre la responsabilité de créer ou de choisir «un organisme de gestion systémique» pour chacun de ces programmes (l'ÉACL joue déjà ce rôle dans le cas du programme électronucléaire).

Quand le mandat de cet organisme de gestion systémique aura été établi, le gouvernement lui accordera les pouvoirs et la responsabilité nécessaire pour le mener à bien.

L'organisme de gestion systémique (par exemple, une Société de la Couronne groupant des représentants du secteur fédéral, des secteurs provinciaux et de l'industrie) devrait diriger l'élaboration du programme indispensable de R & D, et confier au secteur privé et au secteur universitaire la plus grande partie des travaux de R & D nécessaires à la mise sur pied d'un potentiel technique en ce domaine. Il faut faire participer les industries, dès le début, à la formation d'équipes de R & D ou à la création d'installations. De nombreuses possibilités existent, dans les domaines que nous avons examinés, pour créer de nouveaux instruments novateurs, grâce à la concertation de l'effort de R & D des secteurs public, industriel et universitaire.

X. Epilogue

Le Conseil des sciences est fort optimiste à l'égard des possibilités ouvertes au Canada en matière d'énergie et de R & D énergétique. Si les Canadiens accomplissent l'effort nécessaire, ils pourront pénétrer avec confiance dans le XXI^e siècle. Ils auront les ressources nécessaires, et la capacité de les utiliser.

Ils devront accomplir des efforts dans trois domaines différents pour tirer avantage de ces possibilités. Premièrement, les protagonistes: gouvernement fédéral, gouvernements provinciaux, universités, industrie énergétique et utilisateurs, devront se concerter pour établir des plans à long terme. Deuxièmement, il faudra étudier les problèmes de consommation, et mettre en œuvre une politique d'utilisation plus rationnelle des ressources, grâce à la régulation de la demande d'énergie et à son économie. Troisièmement, il faut étendre dès maintenant l'effort de R & D sur les processus existants et possibles de transformation de l'énergie.

L'effort concerté des Canadiens dans ces trois domaines leur permettra de tirer profit des diverses options énergétiques de notre pays.

Comité du Conseil des sciences pour la politique scientifique de l'énergie

Président:

A.A. Bruneau*,
Vice-président aux
Écoles spécialisées et services communautaires,
Université Mémorial de Terre-Neuve,
Saint-Jean de Terre-Neuve.

Membres:

J. Lionel Boulet,
Directeur général,
Institut de recherche de
l'Hydro-Québec,
Varenes, Qué.

E.J. Casey,
Établissement des recherches
de la défense,
Conseil des recherches
pour la défense,
Shirley Bay, Ont.

David Cass-Beggs,
Président de la Commission
hydroélectrique de la
Colombie-Britannique,
Vancouver, C.-B.

A.W. Farmilo,
Président,
Mikas Oil Company Limited,
Calgary, Alb.

R. Fortier* †,
Vice-président exécutif
pour la Région Est,
Bell Canada,
Montréal, Qué.

John Anderson,
Président,
Université du Nouveau - Brunswick
Frédéricton, N. B.

Vernon L. Horte,
Président,
Canadian Arctic Gas Study
Limited,
Toronto, Ont.

A.J. Mooradian †,
Vice-président,
Laboratoires nucléaires de
Chalk River,
Énergie atomique du Canada
limitée,
Chalk River, Ont.

J.E. Morris,
Vice-président,
Luscar Ltd.,
Edmonton, Alb.

Lloyd C. Secord*,
Directeur,
Dilworth, Secord, Meagher
& Associates Ltd.,
Toronto, Ont.

R.B. Toombs,
Conseiller principal pour les
ressources pétrolières
et gazières,
Ministère de l'Énergie, des Mines
et des Ressources,
Ottawa, Ont.

*Membre du Conseil des sciences du Canada

†Ancien membre adjoint du Conseil des sciences du Canada

‡Membre du Comité jusqu'en juin 1973.

Le Comité désire remercier tous ceux qui ont contribué à la rédaction de ce rapport, soit:

le D^r I.E. Effort (du 14 mai 1973 au 31 août 1974); maintenant de retour à l'Université de la Colombie-Britannique.

le D^r D.E.L. Maasland (du 1^{er} avril 1969 au 15 octobre 1974); maintenant à l'emploi d'Environnement Canada.

M. E.Q.R. Stoian (à partir du 1^{er} avril 1974),
et les conseillers dont les rapports ont été utilisés.

Membres du Conseil des sciences du Canada

Président:

Roger Gaudry,
C.C., B.A., B.Sc., D.Sc., LL.D., F.R.S.C.,
F.C.I.C.,
Recteur,
Université de Montréal,
Montréal, Qué.

Vice-président:

A.E. Pallister,
B.Sc., P.Geoph.,
President,
Pallister Resource
Management Ltd.,
Calgary, Alberta.

Membres:

David V. Bates,
M.D. (Cantab), F.R.C.P. (Canada),
F.R.C.P. (London), F.R.S.(C),
Dean,
Faculty of Medicine,
University of British Columbia,
Vancouver, B.C.

Lionel A. Cox,
B.A. (Honours Chemistry), M.A., Ph.D.,
F.C.I.C., F.A.A.A.S.,
Director,
Technology Assessment,
Macmillan Bloedel Limited,
Vancouver, B.C.

A.A. Bruneau,
B.A.Sc., D.I.C., Ph.D.,
Vice President,
Professional Schools and
Community Services,
Memorial University of
Newfoundland,
St. John's, Newfoundland.

H.E. Duckworth,
B.A., B.Sc., Ph.D., D.Sc. (Hon.), F.R.S.C.,
President and Vice-Chancellor,
University Professor,
University of Winnipeg,
Winnipeg, Manitoba.

A.C. Cagney,
B.Sc.,
President and Chief
Executive Officer,
Hermes Electronics Ltd.,
Dartmouth, N.S.

Sylvia Fedoruk,
M.A.,
Director of Physics,
Saskatchewan Cancer Commission
and Professor,
Therapeutic Radiology,
University of Saskatchewan,
Saskatoon, Saskatchewan.

A. John Coleman,
B.A. (Tor.), M.A. (Princ.), Ph.D. (Tor.),
Head,
Department of Mathematics,
Queen's University,
Kingston, Ontario.

G. Filteau,
B.A., B.Sc., D.Sc.,
Co-doyen,
Faculté des sciences et du génie,
Université Laval,
Québec, Qué.

R. Fortier,
Bachelier en sciences appliquées,
Diplômé post-grade en communications,
Vice-président exécutif (région Est),
Bell Canada,
Montréal, Qué.

M. Franklin,
B.Sc., Ph.D.,
Dean, Faculty of Science
and Professor of Biology,
University of New Brunswick,
Fredericton, New Brunswick.

Ursula Martius Franklin,
Ph.D.,
Professor of Metallurgy and
Materials Science,
Affiliate of the Institute for the
History and Philosophy of Science
and Technology,
University of Toronto;
Research Associate,
Royal Ontario Museum,
Toronto, Ontario.

W.H. Gauvin,
B.Eng., M.Eng., Ph.D., P.Eng., D.Eng.,
F.R.S.C.,
Director of Research and
Development,
Noranda Research Centre,
Pointe Claire, Que.

Leonard Hynes,
B.A., M.A., F.C.I.C., A.C.I.M.M.,
Chairman of the Board,
Canadian Industries Limited,
Montreal, Quebec.

T.R. Ide,
B.A.,
Chairman and Chief
Executive Officer,
The Ontario Educational
Communications Authority,
Toronto, Ontario.

P.A. Larkin,
M.A., D.Phil., F.R.S.C.,
Head, Department of Zoology,
and Professor,
Institute of Animal Resource
Ecology,
University of British Columbia,
Vancouver, B.C.

R.F. Lewarne,
B.A.Sc., P.Eng.,
Vice President,
Brascan Limited,
Toronto, Ontario.

John A. Pollock,
B.A.Sc., M.B.A.,
President,
Electrohome Limited,
Kitchener, Ontario.

Lloyd C. Secord,
B.Sc. (Hon.), P.Eng.,
Principal,
Dilworth, Secord, Meagher &
Associates Ltd.,
Toronto, Ontario.

Fernand Séguin,
B.Sc., M.Sc.,
Écrivain scientifique,
Saint-Charles de Richelieu,
Comté de Saint-Hyacinthe,
Qué.

J.J. Shepherd,
B.A., M.A.,
Honourary Chairman of the Board,
Leigh Instruments Limited,
Ottawa, Ontario.

Maurice Tremblay,
B.A., lic. en phil., lic. en sc. soc., M.A.,
Professeur,
Département des sciences
politiques,
Université Laval,
Québec, Qué.

**M. Vogel-Sprott,
Ph.D.,
Professor of Psychology,
and Associate Dean of
Graduate Affairs,
University of Waterloo,
Waterloo, Ontario.**

**Blossom T. Wigdor,
B.A., M.A., Ph.D.,
Associate Professor,
Dept. of Psychology,
McGill University;
Director of Psychology,
Queen Mary Veterans' Hospital,
Montreal;
Consultant in Psychology
to the Director General,
Treatment Services,
Department of Veterans Affairs.**

Publications du Conseil des sciences du Canada

Rapports annuels

- Premier rapport annuel, 1966–1967** (SS1-1967F)
- Deuxième rapport annuel, 1967–1968** (SS1-1968F)
- Troisième rapport annuel, 1968–1969** (SS1-1969F)
- Quatrième rapport annuel, 1969–1970** (SS1-1970F)
- Cinquième rapport annuel, 1970–1971** (SS1-1971F)
- Sixième rapport annuel, 1971–1972** (SS1-1972F)
- Septième rapport annuel, 1972–1973** (SS1-1973F)
- Huitième rapport annuel, 1973–1974** (SS1-1974F)

Rapports

- Rapport n° 1*, **Un programme spatial pour le Canada**, juillet 1967 (SS22-1967/1F, \$0.75)
- Rapport n° 2*, **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses – Première évaluation et recommandations**, décembre 1967 (SS22-1967/2F, \$0.25)
- Rapport n° 3*, **Un programme majeur de recherches sur les ressources en eau du Canada**, septembre 1968 (SS22-1968/3F, \$0.75)
- Rapport n° 4*, **Vers une politique nationale des sciences au Canada**, octobre 1968 (SS22-1968/4F, \$0.75)
- Rapport n° 5*, **Le soutien de la recherche universitaire par le gouvernement fédéral**, septembre 1969 (SS22-1969/5F, \$0.75)
- Rapport n° 6*, **Une politique pour la diffusion de l'information scientifique et technique**, septembre 1969 (SS22-1969/6F, \$0.75)
- Rapport n° 7*, **Les sciences de la Terre au service du pays – Recommandations**, avril 1970 (SS22-1970/7F, \$0.75)
- Rapport n° 8*, **Les arbres . . . et surtout la forêt**, 1970, (SS22-1970/8F, \$0.75)
- Rapport n° 9*, **Le Canada . . . leur pays**, 1970 (SS22-1970/9F, \$0.75)
- Rapport n° 10*, **Le Canada, la science et la mer**, 1970 (SS22-1970/10F, \$0.75)
- Rapport n° 11*, **Le transport par ADAC: Un programme majeur pour le Canada**, décembre 1970 (SS22-1970/11F, \$0.75)
- Rapport n° 12*, **Les deux épis, ou l'avenir de l'agriculture**, mars 1971 (SS22-1970/12F, \$0.75)
- Rapport n° 13*, **Le réseau transcanadien de téléinformatique: Ière phase d'un programme majeur en informatique**, août 1971 (SS22-1971/13F, \$0.75)
- Rapport n° 14*, **Les villes de l'avenir – Les sciences et les techniques au service de l'aménagement urbain**, septembre 1971 (SS22-1971/14F, \$0.75)

- Rapport n° 15*, **L'innovation en difficulté – Le dilemme de l'industrie manufacturière au Canada**, octobre 1971 (SS22-1971/15F, \$0.75)
- Rapport n° 16*, **«... mais tous étaient frappés» – Analyse de certaines inquiétudes pour l'environnement et dangers de pollution de la nature canadienne**, juin 1972 (SS22-1972/16F, \$1.00)
- Rapport n° 17*, **In vivo – Quelques lignes directrices pour la biologie fondamentale au Canada**, août 1972 (SS22-1972/17F, \$1.00)
- Rapport n° 18*, **Objectifs d'une politique canadienne de la recherche fondamentale**, septembre 1972 (SS22-1972/18F, \$1.00)
- Rapport n° 19*, **Problèmes d'une politique des richesses naturelles au Canada**, janvier 1973 (SS22-1973/19F, \$1.25)
- Rapport n° 20*, **Le Canada, les sciences et la politique internationale**, janvier 1973 (SS22-1973/20F, \$1.25)
- Rapport n° 21*, **Stratégies pour le développement de l'industrie canadienne de l'informatique**, septembre 1973 (SS22-1973/21F, \$1.50)
- Rapport n° 22*, **Les services de santé et la science**, octobre 1974 (SS22-1974/22F, \$2.00)
- Rapport n° 23*, **Les options énergétiques du Canada**, mars 1975 (SS22-1975/23F, Canada: \$2.75, autres pays: \$3.30)

Études de documentation

Les cinq premières études de la série ont été publiées sous les auspices du Secrétariat des sciences.

- Special Study No. 1*, **Upper Atmosphere and Space Programs in Canada**, by J.H. Chapman, P.A. Forsyth, P.A. Lapp, G.N. Patterson, February 1967 (SS21-1/1, \$2.50)
- Special Study No. 2*, **Physics in Canada: Survey and Outlook**, by a Study Group of the Canadian Association of Physicists headed by D.C. Rose, May 1967 (SS21-1/2, \$2.50)
- Étude n° 3*, **La psychologie au Canada**, par M.H. Appley et Jean Rickwood, Association canadienne des psychologues, septembre 1967 (SS21-1/3F, \$2.50)
- Étude n° 4*, **La proposition d'un générateur de flux neutroniques intenses – Évaluation scientifique et économique**, par un Comité du Conseil des sciences du Canada, décembre 1967 (SS21-1/4F, \$2.00)
- Étude n° 5*, **La recherche dans le domaine de l'eau au Canada**, par J.P. Bruce et D.E.L. Maasland, juillet 1968 (SS21-1/5F, \$2.50)

- Étude n° 6,* **Études de base relatives à la politique scientifique – Projection des effectifs et des dépenses R & D**, par R.W. Jackson, D.W. Henderson et B. Leung, 1969 (SS21-1/6F, \$1.25)
- Étude n° 7,* **Le gouvernement fédéral et l'aide à la recherche dans les universités canadiennes**, par John B. Macdonald, L.P. Dugal, J.S. Dupré, J.B. Marshall, J.G. Parr, E. Sirluck, E. Vogt, 1969 (SS21-1/7F, \$3.00)
- Étude n° 8,* **L'information scientifique et technique au Canada, Première partie**, par J.P.I. Tyas, 1969 (SS21-1/8F, \$1.00)
II^e partie, Premier chapitre: Les ministères et organismes publics (SS21-1/8-2-1F, \$1.75)
II^e partie, Chapitre 2: L'industrie (SS21-1/8-2-2F, \$1.25)
II^e partie, Chapitre 3: Les universités (SS21-1/8-2-3F, \$1.75)
II^e partie, Chapitre 4: Organismes internationaux et étrangers (SS21-1/8-2-4F, \$1.00)
II^e partie, Chapitre 5: Les techniques et les sources (SS21-1/8-2-5F, \$1.25)
II^e partie, Chapitre 6: Les bibliothèques (SS21-1/8-2-6F, \$1.00)
II^e partie, Chapitre 7: Questions économiques (SS21-1/8-2-7F, \$1.00)
- Étude n° 9,* **La chimie et le génie chimique au Canada: Étude sur la recherche et le développement technique**, par un groupe d'étude de l'Institut de Chimie du Canada, 1969 (SS21-1/9F, \$2.50)
- Étude n° 10,* **Les sciences agricoles au Canada**, par B.N. Smallman, D.A. Chant, D.M. Connor, J.C. Gilson, A.E. Hannah, D.N. Huntley, E. Mercier, M. Shaw, 1970 (SS21-1/10F, \$2.00)
- Étude n° 11,* **L'invention dans le contexte actuel**, par Andrew H. Wilson, 1970 (SS21-1/11F, \$1.50)
- Étude n° 12,* **L'aéronautique débouche sur l'avenir**, par J.J. Green, 1970 (SS21-1/12F, \$2.50)
- Étude n° 13,* **Les sciences de la Terre au service du pays**, par Roger A. Blais, Charles H. Smith, J.E. Blanchard, J.T. Cawley, D.R. Derry, Y.O. Fortier, G.G.L. Henderson, J.R. Mackay, J.S. Scott, H.O. Seigel, R.B. Toombs, H.D.B. Wilson, 1971 (SS21-1/13F, \$4.50)
- Étude n° 14,* **La recherche forestière au Canada**, par J. Harry G. Smith et Gilles Lessard, mai 1971 (SS21-1/14F, \$3.50)

- Étude n° 15,* **La recherche piscicole et faunique**, par D.H. Pimlott, C.J. Kerswill et J.R. Biden, juin 1971 (SS21-1/15F, \$3.50)
- Étude n° 16,* **Le Canada se tourne vers l'océan – Étude sur les sciences et la technologie de la mer**, par R.W. Stewart et L.M. Dickie, septembre 1971 (SS21-1/16F, \$2.50)
- Étude n° 17,* **Étude sur les travaux canadiens de R & D en matière de transports**, par C.B. Lewis, mai 1971 (SS21-1/17F, \$0.75)
- Étude n° 18,* **Du formol au Fortran – La biologie au Canada**, par P.A. Larkin et W.J.D. Stephen, août 1971 (SS21-1/18F, \$2.50)
- Étude n° 19,* **Les conseils de recherches dans les provinces, au service du Canada**, par Andrew H. Wilson, juin 1971 (SS21-1/19F, \$1.50)
- Étude n° 20,* **Perspectives d'emploi pour les scientifiques et les ingénieurs au Canada**, par Frank Kelly, mars 1971 (SS21-1/20F, \$1.00)
- Étude n° 21,* **La recherche fondamentale**, par P. Kruus, décembre 1971 (SS21-1/21F, \$1.50)
- Étude n° 22,* **Sociétés multinationales, investissement direct de l'étranger et politique des sciences du Canada**, par Arthur J. Cordell, décembre 1971 (SS21-1/22F, \$1.50)
- Étude n° 23,* **L'innovation et la structure de l'industrie canadienne**, par Pierre L. Bourgault, mai 1973 (SS21-1/23F, \$2.50)
- Étude n° 24,* **Aspects locaux, régionaux et mondiaux des problèmes de qualité de l'air**, par R.E. Munn, janvier 1973 (SS21-1/24F, \$0.75)
- Étude n° 25,* **Les associations nationales d'ingénieurs, de scientifiques et de technologues du Canada**, par le Comité de direction de SCITEC et le Professeur Allen S. West, juin 1973 (SS21-1/25F, \$2.50)
- Étude n° 26,* **Les pouvoirs publics et l'innovation industrielle**, par Andrew H. Wilson, décembre 1973 (SS21-1/26F, \$3.75)
- Étude n° 27,* **Études sur certains aspects de la politique des richesses naturelles**, par W.D. Bennett, A.D. Chambers, A.R. Thompson, H.R. Eddy et A.J. Cordell, septembre 1973 (SS21-1/27F, \$2.50)
- Étude n° 28,* **Formation et emploi des scientifiques – Caractéristiques des carrières de certains diplômés canadiens et étrangers**, par A.D. Boyd et A.C. Gross, février 1974 (SS21-1/28F, \$2.25)

- Étude n° 29,* **Considérations sur les soins de santé au Canada,**
par H. Rocke Robertson, décembre 1973 (SS21-
1/29F, \$2.75)
- Étude n° 30,* **Un mécanisme de prospective technologique – Le**
cas de la recherche du pétrole sous-marin sur le
littoral atlantique, par M. Gibbons et R. Voyer,
mars 1974 (SS21-1/30F, \$2.00)
- Étude n° 31,* **Savoir, Pouvoir et Politique générale,** par Peter
Aucoin et Richard French, novembre 1974 (SS21-
1/31F, \$2.00)
- Étude n° 32,* **La diffusion des nouvelles techniques dans le sec-**
teur de la construction, par A.D. Boyd et A.H.
Wilson, janvier 1975 (SS21-1/32F, \$3.50)

Aspects de la politique scientifique du Canada

Aspects 1, septembre 1974 (SS21-2/1F, \$1.00)

Publications hors-série

Manifeste national des écoles de foresterie des universités canadiennes,
octobre 1973

Manifeste commun des facultés d'agriculture et de médecine vétérinaire
des universités canadiennes, 1975

Index

- Actions majeures, 112, 128–131
combustibles fossiles, 130
filière électronucléaire, 129–130
gestion systémique, 129–131
nouvelles filières énergétiques, 111, 130
- Administration fédérale, 10, 110, 111.
Voir aussi Fédérale-provinciale, collaboration
- actions majeures, 112, 128–131
commerce, 110
direction, 112
droit de propriété sur les ressources, 112
économie d'énergie, 58, 107, 111
financement, 69, 71, 72, 73, 112, 130
fiscalité, 110
gestion du milieu, 105–108, 112
législation, 127
organisation et gestion, 112, 128–131
défense nationale, aspects concernant la, 112
inventaire des ressources et relevé de la consommation, 111–112, 120
personnel, 45–46
politique, 13, 48–49, 55, 61, 110
à long terme, 11, 51, 134
R & D, 11, 33, 43, 59, 67, 69, 71, 72, 81, 89, 92, 110–112, 115, 118, 125, 126, 127, 130, 131
réserves, 110–111
transport de l'énergie, 111
utilisation, 110–111
- Administrations municipales
gestion du milieu, 105–108
R & D, 128
- Administrations provinciales, 10, 110, 111, 112, 116. *Voir aussi* Fédérale-provinciale, collaboration
- Actions majeures, 128–131
gestion systémique, 130–131
droit de propriété sur les ressources, 113
économie d'énergie, 58
financement, 69, 70, 130
gestion du milieu, 105–108, 111
législation, 127
personnel, 45–46
politique, 13, 48–49, 55, 110
à long terme, 11, 51, 134
production, 111
réglementation en matière de ressources, 112
réserves, 110–111
R & D, 10–11, 43, 60, 69, 70, 89, 110–111, 112, 115, 118, 125, 126, 130–131
transport de l'énergie, 111
utilisation, 110, 111
- Alberta, ministère de l'Agriculture, 85
American Light Water Reactor, 78
Asphalte. *Voir* Bitume
- Associations de l'industrie, 57, 60
- Atomique, énergie. *Voir* Électronucléaire, filière
- Autarcie énergétique, 38–39, 115
pétrolière, 39, 64
- Auto-suffisance. *Voir* Autarcie énergétique; Exportation; Industrie
- Baie de James, aménagement hydroélectrique de la, 42
- BC Hydro, 48, 89
- Biochimique, énergie d'origine. *Voir* Matière organique, filière énergétique de la
- Bitume, 71, 72, 100, 121, 123
- Bois
consommation, 19
remplacements, 28, 30
réserves, 64
utilisation, 30
- Budget énergétique, 54, 65–66
- Bureau de la conservation de l'énergie, 59, 60
- Canalisations. *Voir* Oléoducs et gazoducs
- CANDU
exportation, 78
R & D, 36, 76–77, 118, 119–120, 124
sécurité d'exploitation, 78
technologie, 25, 76, 93
- Carboduc
utilisation commerciale, 74, 94, 113
- Carlsbad Springs (à l'Est d'Ottawa), 106
- Cass-Beggs, David, 65
- CCEA. *Voir* Commission de contrôle de l'énergie atomique
- Centrales
thermiques
à charbon, 22–23, 56, 71–74
à mazout, 56, 68–71
électronucléaires, 12, 14, 24–25, 76–78
électrosolaires, 81–83, 127
à piles à combustible, 92–93
hydroélectriques, 74–75
- Centre de développement des transports, 94
- Centre de recherches sur les hydrocarbures (Université de l'Alberta), 72, 116
- Charbon, 22–23. *Voir aussi* Énergie; Combustibles fossiles
approvisionnement, 23–24, 64–65, 98
réserves, 121, 122
consommation, 19, 24, 26
dépenses de recherche, 26
droits de propriété, 69, 115, 126
exportation, 94
filiales de remplacement, 28, 30, 56, 73
financement, 71
importation, 23
incidence sur le milieu, 23, 100, 101, 121, 123
politique à long terme, 73
R & D, 70–71, 73–74

- technologie, 46–47, 70–71, 120–121, 123
 gazéification, 12, 23, 36, 66, 69, 73–74, 119, 123
 hydrogénation (*liquefaction*), 23, 66, 122, 129–130
 transport, 23–24, 25, 73, 123
 carboducs, 73, 94, 113
 trains-blocs, 94, 123
 utilisation, 23–24, 26, 29, 30, 94, 123
 CNRC. *Voir* Conseil national de recherches du Canada
 Collaboration fédérale-provinciale. *Voir* Fédérale-provinciale, collaboration
 Collaboration internationale, 14–15, 23, 39, 43, 69–70, 79, 83, 89, 121, 124, 130
 Combustibles fossiles, 120–124. *Voir aussi*
 Charbon; Énergie: Gaz naturel; Hydrocarbures; Pétrole
 action majeure, 128–129
 approvisionnement, 70–74, 81, 123
 réserves, 123
 collaboration internationale, 124
 conservation, 22–23, 121
 droit de propriété, 115, 118
 économie, 82, 92
 financement, 68, 124
 gaspillage, 84
 incidence sur le milieu, 68, 99, 100, 121, 123
 politique à court et à moyen termes, 120
 prospection, 122
 R & D, 68–75, 120–125
 remplacement, 58, 120
 stockage, 123
 technologie, 68–69, 120
 transport, 70, 121, 123
 répartition, 124
 utilisation, 121, 123
 Commission de la Capitale nationale, 87
 Commission canadienne des transports, 94
 Commission d'économie des ressources énergétiques (Alberta), 48
 Commission de contrôle de l'énergie atomique (CCEA), 77–78, 111–112
 Compagnies d'électricité, de gaz. *Voir* Entreprises énergétiques
 Conseil national de recherches du Canada, 94, 128
 Conseil des recherches de l'Alberta, 69, 72
 Conseil des recherches pour la défense (Établ. de Valcartier), 80
 Conservation. *Voir* Économie de l'énergie
 Consommation. *Voir aussi* Économie de l'énergie; Énergie, utilisation; Société; et les filières particulières, par exemple: Hydrocarbures; Charbon; etc.
 croissance, 54–55
 incidence sur le milieu, 98–100
 freinage, 54–58, 69–60
 effets sur l'économie, 56–58
 effets sur l'emploi, 57
 politique, 58–61
 projections, 37, 54
 R & D, 10–11, 12, 59–60
 Contrôle étranger. *Voir* Mainmise étrangère
 Conversion directe. *Voir* Électricité, transformation directe de l'énergie en
 CRD (Valcartier), 80
 Crise de l'énergie, 10, 64
 Déchets. *Voir* Énergie, déchets; Énergie de recyclage des déchets
 Défense, Conseil des recherches pour la, 80
 Dépenses de recherche. *Voir* Énergie, dépenses; et aussi les filières particulières, p. ex. Charbon, dépenses de recherche
 Direction générale de l'Énergie (Québec), 48
 Domiciliaire de l'énergie, utilisation, 13, 25–30, 67, 82–83, 90
 dépenses de recherche, 27
 incidences sur le milieu, 102
 ÉACL. *Voir* Énergie atomique du Canada, limitée
 Économie de l'énergie, 54–57, 134. *Voir aussi* Consommation, freinage
 effets sur l'économie, 57–59
 effets sur l'emploi, 58
 effets sur la Société, 54–55
 financement, 57–58
 rôle de l'Administration fédérale, 59, 106, 111
 Société d'économie, 55, 58
 technologie, 57
 Électricité par utilisation des hydrocarbures, production d', 56
 Électricité par la filière solaire, production d', 81, 127
 Électricité par utilisation des matériaux d'origine organique, production d', 82
 Électricité, transformation directe de l'énergie en, 91, 128. *Voir aussi*: Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 R & D, 128
 rendement, 56
 techniques magnétohydrodynamiques, 92, 93, 104, 118, 126, 128
 filière thermoionique, 92
 filière thermoélectrique, 92
 Électricité grâce aux combustibles fossiles, production d', 84, 102
 Électricité grâce aux piles à combustible, production d', 75, 87, 90, 92. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 avantages, 92
 incidence sur le milieu, 104
 inconvénients, 92
 technologie, 92, 128

- centrales à piles à combustible, 92
- Électricité, filière nucléaire, 12, 24, 76, 78
- Électronucléaire, filière, 76, 78, 124. *Voir aussi* Énergie; Réacteurs
- actions majeures, 128–129, 130
- centrales électronucléaires, 14, 42, 66, 77, 102
- sécurité d'exploitation, 77–78, 102
- combustibles nucléaires. *Voir* Thorium; Uranium
- consommation, 20
- financement, 42, 67, 119, 124, 129
- garanties en matière nucléaire, 77–78, 102
- incidence sur le milieu, 101, 107
- politique, 76
 - à terme moyen, 120
 - à long terme, 120, 124
- R & D, 67, 77, 110, 112, 118, 119–120, 124
- remplacements, 15, 56
- réserves, 65–66, 111
- technologie, 12, 77, 90, 102, 125, 126
 - eau lourde, extraction, 102, 112, 113
 - hydrogène (sous-produit). *Voir* Hydrogène, filière de l'
 - plutonium (sous-produit). *Voir* Plutonium
 - réacteurs. *Voir* Réacteurs
 - turbines à vapeur, 77
- utilisation, 14, 66
- Énergie atomique du Canada, limitée (ÉACL), 76, 77, 79, 111, 118, 129, 131
- Énergie. *Voir aussi* Charbon; Houille blanche; Gaz naturel; Electronucléaire, filière; Fusion thermonucléaire; Hydrocarbures; Pétrole. Uranium; Bois, Filières énergétiques complémentaires; Combustibles fossiles
- approvisionnement, 67, 72–74
- déchets, 55–56, 83–84, 85–86, 134
- économie, 72–74
- incidence sur le milieu, 69, 71, 93–94, 124
- financement, 71, 126
- ouvrages énergétiques, 43, 45–46
- politique (politique énergétique nationale), 43, 48, 50–51, 58–59, 94, 95, 98, 106, 108, 110, 112
 - à court terme, 11, 18, 114, 120
 - à moyen terme, 18, 114, 120
 - à long terme, 10–11, 12–15, 18, 51, 59, 66–67, 76, 114, 120
- R & D, 68–74, 120–124
- remplacement, 56, 120
- répartition de la consommation, 29
- transport de l'énergie. *Voir* Transport de l'énergie
- utilisation, 42, 55, 56–57, 59, 98–99, 100, 134
- projections, 54
- secteur agricole, 56, 65, 84–85
- secteur commercial, 13, 25–29, 67, 82–83, 85–86, 90
- secteur industriel, 13, 25–29, 65, 67
- secteur domiciliaire, 13, 25–30, 67, 82–83, 90
- secteur des transports, 13, 25–29, 56, 67
- Énergie de recyclage des déchets, 85–87, 127. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 - financement, 86
 - incidence sur le milieu, 85
 - R & D, 86, 127
 - technologie, 85–86, 127
 - utilisation, 85–86
- Entreprises énergétiques, électriques. gazeuses, pétrolières, 112–114
 - consommation, 113
 - économie d'énergie, 57, 113
 - financement, 112–112
 - gestion de l'environnement, 112
 - persuasion du public, 112–113
 - politique, 112
 - prospection, 112
 - R & D, 111, 112, 113, 118, 129
 - réserves, 112
 - technologie, 112
 - transport et distribution, 112, 118
 - utilisation, 95
- Éolienne, filière, 87–88, 127. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 - financement, 67, 87
 - incidence sur le milieu, 104
 - R & D, 67, 88, 127
 - remplacements, 88
 - sources, 64
 - technologie, 87–88, 127, 128
 - utilisation, 66
- Environnement, 98–108. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Hydrocarbures
 - financement de la protection de l'environnement, 100
 - gestion rationnelle de l'environnement, 105–108
 - normes, 100, 105–107
 - politique, 108
 - à court terme, 106
 - à terme moyen, 106
 - à long terme, 106
 - pollution, 68, 98, 107
 - R & D, 100–104, 106
 - recommandations, 98–104
- Environnement Canada, 105
- Équipement et matériaux, 42, 43, 47–48, 60
- Exploration. *Voir* les différentes filières énergétiques
- Exportation, 44–45, 69. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Hydrocarbures; Exportation

- autarcie énergétique, 42
- politique énergétique nationale, 45
- Fédérale-provinciale, collaboration. *Voir aussi* Administration fédérale et Administrations provinciales
- Conférences des ministres, 37, 48–51, 118
- Secrétariat, 49, 50
- dégrèvement pour épuisement, 45
- inventaire des ressources énergétiques et consommation, 110–111
- Office national de l'énergie, 48–49
- partage des taxes sur les ressources énergétiques, 45
- politique énergétique nationale, 110–112
- Filières énergétiques complémentaires, 80, 118, 119–120, 125–128. *Voir aussi* Matière organique, filière énergétique de la; Électricité, transformation directe de l'énergie en; Piles à combustible; Géothermique, énergie; Hydrogène, filière de l'; Solaire, énergie; Marémotrice, énergie; Éolienne, filière; Énergie
 - actions majeures, 129
 - études, 126–127
 - financement, 127
- Finances. *Voir aussi* Prix, fixation des; R & D, financement; et les diverses filières énergétiques, p. ex. Hydrocarbures
 - administration fédérale, 69, 70–71, 72, 73, 111, 129
 - administrations provinciales, 69, 70–71, 129
 - dégrèvement pour épuisement, 45
 - dépenses de recherche énergétique, 25, 28
 - industrie, 69, 71
 - investissements, 44, 45–46
 - partage des taxes sur les ressources énergétiques, 45
 - compagnies d'électricité, de gaz, 69, 113–114
- Fission. *Voir* Électronucléaire, filière
- Forêts, 85, 86
- Fusion thermonucléaire, 79–80, 125–126. *Voir aussi* Énergie
 - financement, 126
 - incidence sur le milieu, 103
 - R & D, 79–80, 124–125
 - technologie, 36, 76, 79–81, 124
 - lasers, 80
 - utilisation, 79
- Gaz de charbon, 72–73
- Gaz de synthèse, 23, 66, 82–83, 104
- Gaz naturel, 19–20. *Voir aussi* Énergie; Combustibles fossiles; Hydrocarbures
 - approvisionnement, 21, 54, 64, 65–66, 123
 - réserves, 123
 - consommation, 19, 21–22, 25, 28–29
 - dépenses de recherche, 29
 - droits de propriété, 48, 115, 126
 - exportation, 23, 110
 - financement, 65–66
 - incidence sur le milieu, 123
 - pénurie, 30, 32
 - R & D, 67, 68, 69, 74
 - remplacement, 14–15, 28, 30, 56, 66, 73, 85, 90
 - stockage, 123
 - technologie, 69, 115, 122
 - gaz des régions excentriques, 69, 120–122
 - soufre (sous-produit), 113, 122
 - transport, 23, 69, 122
 - gazoducs, 66–67, 94, 123
 - utilisation, 21–22, 25, 28–29, 30, 42, 65–66, 120
- Gazéification. *Voir* Charbon, technologie
- Générateur de vapeur, réacteur à eau lourde à, 76
- Géothermique, énergie, 88–89, 128. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 - incidence sur le milieu, 88–89, 123
 - R & D, 126
 - réglementation, 89
 - technologie, 88–89, 119, 126
 - utilisation, 88–89, 126
- Houille blanche, 24, 74–75. *Voir aussi* Énergie
 - approvisionnement, 19, 23, 76
 - sites aménageables, 76
 - consommation, 13, 19, 21, 23, 24
 - dépenses, 24
 - exportation, 14, 23, 45
 - filières de remplacement, 14, 28, 30, 56, 72
 - incidence sur le milieu, 23, 74, 100, 101, 102
 - politique à long terme, 42, 66
 - réseau de distribution, 75
 - stockage, 74
 - technologie, 75
 - transport, 23, 74, 75, 90, 103
 - utilisation, 21, 22, 24, 28, 29
- Hydrocarbures. *Voir aussi* Combustibles fossiles
 - importation, 38–39
 - synthèse des hydrocarbures, 12
 - prospection, 19–20, 22, 121
 - technologie, 66
- Hydroélectrique, filière. *Voir* Houille blanche
- Hydrogène, filière de l', 90–91, 128. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 - financement, 90–91
 - incidence sur le milieu, 91, 104
 - politique à long terme, 90
 - R & D, 91, 129
 - remplacements, 89, 120

- technologie, 75, 88, 90–91, 120
 utilisation, 66, 90–91
- Importation. *Voir* les diverses filières énergétiques, p. ex. Hydrocarbures, importation
 autarcie énergétique, 38
 politique énergétique nationale, 43
 technologie, 11–12
- Industrie, 10, 115–116
 droits de propriété, 73, 114
 économie d'énergie, 58
 financement, 44, 69, 71, 73, 111, 114–115
 gestion du milieu, 105–106, 108
 personnel, 45–46
 politique, 47–48, 55, 61
 à long terme, 50, 134
 production, 111
 prospection énergétique, 25
 R & D, 11, 25, 60, 69, 71, 77, 80, 81, 83, 84–85, 89, 92, 115, 118, 126, 129, 130–131
 répercussions de la flambée des prix, 58–60
- Institut de recherche de l'Hydro-Québec (IREQ), 75, 94
- Institut canadien de recherche énergétique (Calgary), 72, 116
- Institut de l'énergie biochimique (Winnipeg), 85
- Intergouvernementale, Conférence – des ministres. *Voir* Fédérale-provinciale, collaboration; Conférence des ministres
- Irradiation, 78, 100, 125. *Voir aussi* Réacteurs; Uranium
- IREQ. *Voir* Institut de recherche de l'Hydro-Québec
- Lasers, 80
- Magnétohydrodynamique, filière, 92, 104, 118, 125. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires.
- Magnétoplasmodynamique. *Voir* Magnétohydrodynamique, filière
- Mainmise étrangère, 47, 69, 115, 126, 128
- Marémotrice, énergie, 89–90, 128. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 incidence sur le milieu, 90, 103
 R & D, 128
 sources, 89
 technologie, 90, 128
- Maritime Power Pool, 89
- Matière organique, filière énergétique de l'approvisionnement, 84
 financement, 84
 incidence sur le milieu, 83, 85, 103
 R & D, 84–85, 106, 115
 techniques, 84–85, 120
 utilisation, 66, 83, 84
- Menzies, Hedlin, 54
- MHD. *Voir* Magnétohydrodynamique, filière
- Ministère des Affaires indiennes et du Nord, 111
- Ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada, 75, 89, 111–112, 128
 Bureau de la conservation de l'énergie, 59–60
 Direction des mines, 69
 Ministère de l'Énergie (Ontario), 48
 Ministère d'État aux Affaires urbaines, 106
 Ministère d'État aux Sciences et à la Technologie, 80
- Ministère des Finances du Canada, 44
- Ministère des Transports du Canada, 94
- Nations Unies, 69
- OCDE. *Voir* Organisation de coopération et de développement économiques
- Office national de l'énergie, 48–49, 94, 111–112
- Oléoducs et gazoducs, 20, 42, 50, 65, 72, 94, 100
 coût, 42, 65
 oléoduc de l'Arctique, 101
- Oléoduc interprovincial pour approvisionner Montréal, 64
- Ontario Hydro Commission, 23
- Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), 49
- Organisation et gestion, 42–51, 105–108, 128–131, 134. *Voir aussi* Administration fédérale, organisation et gestion
 actions majeures, 128–131
 gestion systémique, 130–131
 équipement et matériaux. *Voir* Équipement et matériaux
 financement. *Voir* Finances
 gestion de l'environnement, 105–108, 111
 personnel. *Voir* Personnel
 politique énergétique nationale. *Voir* Énergie, politique
 R & D, 11–20, 60–61, 110, 118–119, 129–131
- Secteur énergétique, 13, 18, 36, 42, 54, 55, 112, 118, 119
 à court terme, 36, 42–43
 à terme moyen, 36
 à long terme, 18, 36, 42, 94
 études, 116, 118, 125–126
 facteurs régionaux, 14, 118–119
 technologie, 36, 42–43, 54
 transport de l'énergie, 93–94, 94–95
- Pénurie, 10, 19–20, 29, 30. *Voir aussi* Pétrole, insuffisance
- Personnel, 36, 45–46
 formation, 45, 46
 offre et demande d'emplois, 11, 42–43, 45–46, 76, 77, 81
- Pétrole, 19–22, 64, 72. *Voir aussi* Énergie: Combustibles fossiles
 consommation, 20–21, 26, 29–30, 32

- droits de propriété, 48–49, 115, 125
- économie d'énergie, 21, 30, 55, 57
- exportation, 22, 38, 110
- financement, 21, 65–66
- importation, 38
- incidence sur le milieu, 32, 100, 101, 107, 123
- insuffisance, 18, 30, 64
- politique pétrolière nationale, 64
 - à court terme, 20, 33, 65–66, 69–70
 - à long terme, 33, 64
- prix uniforme, 38, 48
- prospection pétrolière, 20, 22, 122
- R & D, 33, 67, 68–71, 113, 118
- remplacement, 14, 20, 21, 28, 30, 32
- réserves, 10, 18–20, 29–33, 55, 64–65, 120, 122
 - relevé, 122
- technologie, 20, 122
 - pétrole des régions excentriques, 20, 28, 69, 115, 120–121, 122
 - sables bitumineux de l'Athabasca. *Voir* Sables bitumineux
 - soufre (de récupération), 113, 122
- transport, 10, 18, 33, 38, 69, 122
 - oléoducs, 20, 42, 64, 122
 - grands pétroliers, 100, 107, 121, 122
- utilisation, 21, 26, 28–29, 30, 54, 55, 64, 120
- Pétrole de synthèse, 83–84
- Pétrole, dérivés du, 15, 28–29, 55, 65, 120, 123
 - dépenses de recherche, 29
- R & D, 113
- Piles à combustible. *Voir* Électricité grâce aux piles à combustible, production d'
- Planification. *Voir* Énergie, politique
- Organisation et gestion, 41–45, 105–108, 128–131
- Plutonium, 76, 78, 102, 125. *Voir aussi* Réacteurs
- PNB. *Voir* Produit national brut
- Politique énergétique. *Voir* Énergie, politique
- Politique pétrolière nationale, 64
- Pollution. *Voir* Environnement; Irradiation
- Prix, fixation des, 36–37. *Voir aussi* Finances
 - combustibles fossiles, 36
 - électricité, 36
 - énergie de la matière organique, 83
 - filière électronucléaire, 36
 - gaz naturel, 22, 23, 37, 70
 - pétrole, 22, 23, 36, 70
 - prix uniforme, 37
 - répercussions de l'augmentation des prix, 37–38, 57, 69
 - uranium, 24
- Prix uniforme, 37, 48
- Produit national brut (PNB), 44, 56–57, 100
- Prospection énergétique. *Voir* les diverses filières, p. ex. Hydrocarbures, prospection
- R & D. *Voir* Recherche et développement, financement
- Réacteurs. *Voir aussi* Électronucléaire, filière; Irradiation
 - American Light Water Reactor, 78
 - British Steam Generating Heavy Water Reactor (SGHWR), 76
 - CANDU, 25, 36, 76–78, 91
 - exportation, 76–77
 - accroissement, 111
 - plutonium, 76, 78, 102, 125
 - R & D, 118
 - thorium, 13, 76, 113
 - uranium, 13, 15, 23, 24–25, 45, 76, 113, 125
- Recherche et développement, 59–60, 67–95, 117–131, 134. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Pétrole; R & D
 - besoins, 10–11, 12, 59–60
 - environnement, 100–104, 107
 - financement, 11, 37, 118, 119
 - organisation et gestion, 11–112, 60–61, 110, 118–119, 129–131
 - politique, 11, 68
 - à long terme, 18, 50
 - programmes, 118–119. *Voir aussi* Actions majeures
 - remplacements, 12–13
 - réserves, 12–13, 68–95
 - transport de l'énergie, 93–95
- Régie énergétique de la Colombie-Britannique, 48, 89
- Régie énergétique de l'Ontario, 23
- Remplacements, 12–13, 30, 37, 56, 65. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Pétrole, remplacement, réserves, R & D
- Réserves, 63–95. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Pétrole, remplacement, réserves
 - coordination, 65–67
 - cycle d'utilisation, 64–66
 - pénurie. *Voir* Pénurie
 - politique, 54
 - à long terme, 118
 - R & D, 12, 13, 68–95
 - technologie, 10, 11–12, 36, 42–43, 55
- Révolution énergétique, 64–65
- Sables bitumineux
 - Athabasca, Sables bitumineux de l', 21, 42, 101, 115, 118
 - équipement et matériaux, 48
 - financement, 20, 42, 69
 - incidence sur le milieu, 20, 70–71, 101, 123
 - R & D, 68, 69–71, 118, 122–123
 - réserves, 20–21, 31, 66, 122
 - stockage, 122
 - technologie, 48, 61, 69–71, 118, 122

- bitume extrait, 70, 71, 120, 122
- usines de traitement des sables bitumineux, 45, 67, 69
- transport des hydrocarbures, 122
- utilisation, 61, 123
- SCHL, 127
- SGWHR, 76
- Société
 - persuasion, 46, 78-79, 114-115
 - incidences de l'utilisation d'énergie, 14, 20, 43, 54, 55, 56, 57-58, 65
 - politique à long terme, 67, 82-83, 87, 98-99, 134
- Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL), 127
- Société d'économie, 55, 58
- Sociétés pétrolières. *Voir* Entreprises énergétiques
- Solaire, énergie, 66, 81-83, 127. *Voir aussi* Filières énergétiques complémentaires; Énergie
 - consommation, 26
 - incidence sur le milieu, 82
 - financement, 67
 - politique à long terme, 81
 - R & D, 67, 81-82, 115-116, 127
 - remplacement, 30, 56
 - sources, 65, 81
 - technologie, 36, 116, 119, 128, 129
 - utilisation, 26, 30, 66, 82
- Soufre, 112, 122
- Strong, Maurice, 14
- Systémique, gestion, 130-131
- Technologies. *Voir* Environnement, incidences sur le milieu; et les diverses filières énergétiques, p. ex. Pétrole, technologie; Réserves, technologie
- Thermonionique et thermoélectrique, filières, 92, 93
- Thorium, 13, 76, 113, 125. *Voir aussi* Réacteurs
- Thur, O.E., 43-44
- Transformation directe de l'énergie. *Voir* Électricité, transformation directe de l'énergie en
- Transport de l'énergie, 93-95. *Voir aussi* les diverses filières énergétiques, p. ex. Pétrole, transport
 - incidence sur le milieu, 95
 - financement, 93
 - politique, 95
 - R & D, 93-95
 - technologie, 10, 32, 94
- Transports automobiles, 67, 98, 103
- Transports, utilisation de l'énergie pour les, 14, 25-29, 55, 67
 - dépenses, 27
- Universités, 116
 - actions majeures, 128
 - formation universitaire, 46, 116
 - politique à long terme, 134
 - R & D, 11, 60, 71, 73, 80, 81, 82, 91, 115, 118, 124
 - gestion systémique, 131
 - instituts de recherche énergétique, 72
 - instituts de recherches climatiques et aérospatiales, 88
 - physique des plasmas, 79-80
- Utilisation commerciale de l'énergie, 13, 25-29, 67, 82-83, 85-86, 91
- Utilisation industrielle de l'énergie, 14, 29-33, 65, 67
 - dépenses de recherche, 29, 31
 - incidence sur le milieu, 102
- Uranium, 24-25. *Voir aussi* Irradiation: Réacteurs
 - besoins, 25
 - exportation, 15, 25, 45, 76-77
 - garanties internationales, 25
 - prospection, 25, 113
 - réserves, 12, 25, 76
 - technologie, 125
 - transport d'uranium, 25
 - utilisation, 23, 25

La politique de R & D énergétique doit s'harmoniser avec la politique énergétique nationale

La politique énergétique nationale devra:

- façonner notre futur secteur énergétique
- échelonner la réalisation des ouvrages énergétiques
- assurer l'autarcie énergétique du Canada à long terme

Le Rapport énonce des recommandations dans quatre domaines:

A) Un mécanisme d'élaboration de la politique énergétique nationale

Réunions fédérales-provinciales des ministres concernés (pp. 48-51)

Secrétariat

Consultations avec les industries, etc.

B) Une politique de la consommation et le lancement de programmes

Politique (pp. 58-61)

Études des incidences de l'économie d'énergie
Étude des outils politiques favorisant l'économie d'énergie

Programmes (p. 56)

pour améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'énergie
pour améliorer le rendement de la transformation énergétique
pour favoriser le remplacement des combustibles peu abondants
pour réduire la consommation inutile

C) Les grands programmes d'approvisionnement énergétique

Combustibles fossiles (pp. 120-124)

Hydrocarbures des régions excentriques
Sables bitumineux de l'Athabasca
Valorisation des charbons
Prospectives d'ambiance

Électricité (p. 125)

Programme électronucléaire
Réglementation en matière nucléaire
Fusion thermonucléaire

Filières supplémentaires (pp. 125-128)

Travaux préliminaires sur les énergies solaire, végétale, géothermique et éolienne et les techniques des piles à combustible, l'hydrogène, etc.

Critères des grands programmes (pp. 128-131)

D) Des initiatives en matière de politique d'environnement (pp. 98-108)

Élaboration de normes

Exigence de prospectives d'ambiance

Nécessité de la recherche fondamentale pour trouver de nouvelles méthodes et des idées neuves (p. 116)