

622(21)  
CZ12MS.



Dept. Energy, Mines & Resources  
MINES BRANCH  
AUG 8 1973  
LIBRARY  
OTTAWA, CANADA

DEPARTMENT OF  
ENERGY, MINES AND RESOURCES  
MINES BRANCH  
OTTAWA

Mines Branch Program on Environmental Improvement  
Le Program de la Direction des Mines au Sujet de  
l'Amélioration de l'Environnement

*AIR POLLUTION AND ENERGY RESERVES  
LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE ET  
LES RESERVES D'ÉNERGIE*

T. D. BROWN

Canadian Combustion Research Laboratory  
FUELS RESEARCH CENTRE

Reprinted from: The Civil Service Review  
Réimprimé de: La Revue du Service Civil March 1973,  
Vol. XLVI, No. 1, Mars 1973

Reprint Series RS 124

Price 25 cents

Série réimprimée RS 124

Prix .25

© ©

Crown Copyrights reserved      Droits de la Couronne réservés

Available by mail from Information Canada, Ottawa,  
and at the following Information Canada bookshops:

En vente chez Information Canada à Ottawa,  
et dans les librairies d'Information Canada:

HALIFAX      HALIFAX  
1687 Barrington Street      1687, rue Barrington

MONTREAL      MONTRÉAL  
640 St. Catherine Street West      640 ouest, rue Ste-Catherine

OTTAWA      OTTAWA  
171 Slater Street      171, rue Slater

TORONTO      TORONTO  
221 Yonge Street      221, rue Yonge

WINNIPEG      WINNIPEG  
393 Portage Avenue      393, avenue Portage

VANCOUVER      VANCOUVER  
800 Granville Street      800, rue Granville

or through your bookseller      ou chez votre libraire.

Price:      Catalogue No.  
25 cents      M38-8/124

Prix      N° de catalogue  
.25      M38-8/124

Price subject to change without notice

Prix sujet à changement sans avis préalable

Information Canada  
Ottawa, 1973

Information Canada  
Ottawa, 1973

# AIR POLLUTION AND ENERGY RESERVES

T. D. BROWN

*At the 57th International Labour Conference the ILO pledged support to any concerted campaign for the protection and enhancement of the human environment. The Canadian government has already taken steps in this direction by the establishment of a Department of the Environment, the employees of which belong to the PSAC's Environment Component. This article, the first in a projected series, is a scientific presentation in layman's language dealing with one aspect of pollution. It has been prepared by T. D. Brown, Research Scientist in the Canadian Combustion Research Laboratory, Fuels Research Centre, Mines Branch, Department of Energy, Mines and Resources, Ottawa.*

**M**AN is not in harmony with his environment and only survives by the application of technology. The application of technology has, in some nations, advanced beyond survival to the point of providing a high degree of comfort and luxury. Unfortunately, technology is based on the combustion of limited supplies of conventional fuels, and combustion is a process that obeys natural laws and produces atmospheric pollutants. Therefore, the major technological challenges of our time lie in two aspects of conservation—the conservation of our environment and the conservation of our non-renewable resources whilst maintaining an acceptable standard of living.

The first of these challenges stimulates emotional reactions and receives priority attention in the field of political activity. The result has been that pollution and ecology have become the key words of the decade, despite the general high quality of Canadian environments (land, water and air), and that they have magical effects in promoting discussion from all sections of the community. It may be ironic that great efforts are spent to ensure enough energy for the survival of future generations.

The second challenge—the conservation of our resources and the maintenance of our standard of living—is slowly coming into focus but at the moment it does not attract the same attention despite the obvious implications to ourselves and our grandchildren. The reason for this is not difficult to understand—man is inclined to live for the present and let the future take care of itself. The problems of pollution as we know them are themselves evidence of past failures to assume responsibility for future generations. Our demands for an increased standard of living have led to a continuous increase in the consumption of non-renewable natural resources. We have enjoyed and have taken for granted the benefits which a continuously expanding and improving technology has brought us. We have suddenly become more aware of the price that has been and is being paid in terms of natural damage; we have suddenly realized that our natural resources must be conserved.

Both our conservation problems are problems of people especially when they are concentrated in urban communities. We all share responsibility for this problem and it is interesting to see where this responsibility originates in our daily life.

## The Personal Contribution to Air Pollution

A personal inventory of air pollution is shown in Table 1 at the end of this article. It has been compiled to illustrate the effect of some of our daily activities on the national air pollution problem. The pollutants listed are those normally associated with the combustion of fossil fuels although the inclusion of carbon dioxide as a pollutant is open to question because its harmful effect is not categorically established.

The table is compiled for a family unit of four people because many domestic activities cannot be ascribed to a single individual.

In compiling the atmospheric pollution data from electricity consumption, it has been assumed that the electricity has been generated at a fuel-oil-fired thermal power station at a typical over-all efficiency of 25%.

The use of electricity generated at power stations fired by fuel oil or coal does not eliminate the production of air pollution; it removes the source from the home to an alternative location. If the electricity is generated at a power station fired by natural gas, the quantities of pollutants other than carbon dioxide and nitric oxide are greatly reduced. If the electricity is generated in either a hydroelectric plant or a nuclear power station, there are no atmospheric pollutants. In this latter case, we may be faced with problems in the disposal of radio-active waste, but it is important that the Canadian Nuclear Program utilizes natural uranium fuel in a system moderated by heavy water. The end product is enriched uranium with small quantities of plutonium, the D.D.T. of energy production. Other nuclear systems are based on enriched uranium and plutonium fuels and they generate much more plutonium than does the Canadian system. Plutonium is a long-lived radio-active element and the safe disposal of this material poses a problem.

The space heating for the residence given in Table 1 was by oil heating. If this heating load were to be replaced by either electricity (from an oil-fired power station) or natural gas, the comparative pollution figures would be as shown in Table 2, also at the end of this article. It should be noted in passing that the carbon dioxide produced from the domestic furnace is equal to that from an automobile driven about 12,000 miles per year.

# LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

T. D. BROWN

*A la 57e Conférence internationale du Travail, l'OIT s'est engagée à appuyer toute campagne concertée pour la protection et l'embellissement de l'environnement humain. Le gouvernement du Canada a déjà pris de mesures dans ce sens en créant le ministère de l'Environnement, dont les employés appartiennent à l'Élément de l'Environnement de l'AFPC. L'article qui suit, le premier d'une série, est un exposé scientifique, mais en langage profane, d'un aspect de la pollution. Son auteur, M. T. D. Brown, est un chercheur scientifique au Laboratoire canadien de recherche sur la combustion, Centre de recherche sur les combustibles, Direction des mines, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa.*

L'HOMME ne fait pas bon ménage avec l'environnement dans lequel il vit; il n'y survit que par l'application de la technologie qui, dans certains pays, a dépassé ce stade pour en arriver même à assurer un niveau élevé de confort et de luxe. Malheureusement, la technologie se fonde sur la combustion de quantités restreintes de combustibles classiques, procédé qui obéit aux lois naturelles et engendre des polluants atmosphériques. Par conséquent, les grands impératifs technologiques d'aujourd'hui sont liés à deux aspects de la conservation — la conservation de notre environnement et la conservation de nos ressources tarissables, tout en conservant un niveau de vie convenable.

Le premier de ces impératifs stimule des réactions émotives et se trouve au premier rang des priorités dans le domaine de la politique. Ainsi, pollution et écologie sont devenus les mots clés de la décennie, malgré la haute qualité des environnements canadiens en général — la terre, l'eau et l'air —, et ils ont presque par magie stimulé la discussion de tous les secteurs de la collectivité. L'ironie, c'est peut-être de constater tous les efforts déployés afin de trouver suffisamment d'énergie pour assurer la survie des générations à venir.

Le second impératif — la conservation de nos ressources et le maintien de notre niveau de vie — entre lentement dans le tableau, mais, pour le moment, il ne retient pas la même attention que le premier impératif, malgré ses répercussions manifestes pour nous-mêmes et nos petits-enfants. Il est facile de comprendre pourquoi — l'homme a tendance à vivre pour le présent et à laisser le temps décider pour lui. Les problèmes de la pollution, tels que nous les connaissons actuellement, constituent en eux-mêmes la preuve que les générations passées n'ont pas su se montrer à la hauteur de leur tâche d'assurer la survie des générations subséquentes. Nos revendications en faveur d'un niveau de vie plus élevé ont abouti à une hausse constante de la consommation de richesses naturelles tarissables. Nous avons, comme si cela allait de soi, profité des avantages que la technologie toujours plus vaste et plus perfectionnée nous a donnés. Nous nous sommes soudain mieux rendu compte du prix qu'il nous a fallu et qu'il nous faut encore payer — le tarissement de nos richesses naturelles; nous nous sommes soudain rendus à l'évidence qu'il fallait les conserver.

Nos deux problèmes de conservation sont des problèmes de population, surtout quand ils se concentrent dans les collectivités urbaines. Nous sommes tous responsables de ce problème; il est intéressant de se pencher sur l'origine de cette responsabilité dans notre vie de tous les jours.

## La contribution personnelle à la pollution atmosphérique

Le Tableau 1, à la fin du présent article, dresse un inventaire personnel de la pollution atmosphérique. Il sert à illustrer les conséquences de certaines de nos activités quotidiennes sur le problème de la pollution atmosphérique au palier national. Les polluants qui y sont énumérés sont ordinairement associés à la combustion de combustibles fossiles; toutefois, la présence de l'anhydride carbonique comme polluant peut être mise en doute, puisque ses effets nuisibles ne sont pas clairement établis.

Le tableau s'applique à une famille de quatre personnes, car une foule d'activités domestiques ne peuvent être imputées à une seule personne.

Au moment de compiler les données de la pollution atmosphérique dans le cas de la consommation d'électricité, on a posé l'hypothèse que l'électricité provenait d'une centrale thermique alimentée au mazout et fonctionnant à un rendement global type de 25 p. 100.

L'électricité provenant de centrales thermiques alimentées au mazout ou au charbon ne supprime pas la génération de polluants atmosphériques; elle ne fait que changer le mal de place, soit du foyer à un autre endroit. Si l'électricité provient d'une centrale alimentée au gaz naturel, les quantités de polluants autres que l'anhydride carbonique et le bioxyde d'azote diminuent de beaucoup. Par contre, quand l'électricité provient d'une centrale hydro-électrique ou nucléaire, il n'y a pas de polluant atmosphérique. Dans ce dernier cas, nous pourrions nous retrouver avec des problèmes de destruction des rebuts radio-actifs, mais il est important que le Programme nucléaire du Canada utilise comme combustible de l'uranium naturel dans un système modéré par de l'eau lourde. Le produit final est de l'uranium enrichi et contenant peu de plutonium, le D.D.T. de la production de l'énergie. D'autres systèmes sont basés sur des combustibles d'uranium enrichi et de plutonium, mais ils produisent beaucoup plus de plutonium que le système canadien. Le plutonium est un élément radio-actif de longue durée, et sa destruction sans danger pose un problème.

Au chapitre du chauffage résidentiel dont il est question au Tableau 1, il s'agit de chauffage au mazout. Dans les cas où le mazout serait remplacé par l'électricité — provenant d'une centrale alimentée au mazout — ou au gaz naturel, les chiffres de pollution comparables se trouvent au Tableau 2, également à la fin du présent article. Il est à remarquer que l'anhydride carbonique émanant du brûleur domestique est de quantité égale à celle qui se dégage d'une automobile roulant environ 12,000 milles par année.

The use of natural gas or furnace oil for home heating offers considerable advantages over electricity generated at oil, coal, or gas-fired power stations. This advantage can be traced directly to the more efficient conversion of the fuel to useful heat. The disadvantage of the residential use of oil and gas is that the pollutants are emitted close to ground level and do not dilute in the atmosphere, before reaching the ground, to the same extent as pollutants emitted from tall power station chimneys.

The replacement of the automobile by electrified mass transport systems offers considerable advantages in exchanging low-level emissions from the automobile for emissions from tall stacks at power stations. But the total atmospheric burden of some pollutants may not be changed dramatically. The motor gasoline consumption quoted in Table 1 can be used to illustrate this by assuming that half of the gasoline is used on journeys that could be taken on an electrified urban transport system.

Table 3 at the end of this article presents comparative data on the emission of pollutants from a single passenger automobile and pollutants from electric transport. The particulates to which reference is made in the last column of Table 3 comprise all unburnt solid emissions, e.g. soot.

The use of an electric mass transport system operating at less than 10 kWh per passenger mile will greatly reduce the carbon monoxide burden of the atmosphere. An electric powered car developed at Florida University operates at approximately 0.06 kWh per passenger mile and, at this rating, will dramatically reduce the air pollution burden.

### Patterns of Fuel Use

The patterns of fuel use between 1965 and 1970 have been documented and projected forward to the year 1980 along with the potential pollution burden by E. R. Mitchell in a paper presented to the Canadian Electric Association at Calgary, Alta., in 1972. This projection is illustrated in Table 4 at the end of this article.

These figures emphasize the rate at which population and energy demands are increasing; our fuel use increased by nearly 50% during the years 1965 to 1970 and is projected to double between 1970 and 1980. Technological innovations have produced improvements in the efficiency of conversion of fuels to useful forms, as shown by the comparison of efficiencies of the residential heating units quoted in Table 2. These improvements in fuel efficiency and reductions in pollution emission have been completely overwhelmed by the annual population increase and our increased standard of living.

The trends in Table 4 can be carried forward beyond 1980 by assuming that our annual increase in fuel consumption remains at the level of the years 1965 to 1970. The necessity for fuel conservation becomes apparent when these future requirements are compared to our known fuel reserves. This comparison is illustrated in Table 5.

The coal reserves are adequate to meet foreseeable requirements until well into the next century and depletion of our presently known petroleum resources appears due at the turn of this century. This point in time should be the focus of our current environmental concerns. As an example of planning for the future to avoid a widespread return to the use of coal, attention is being drawn to the

Le chauffage domestique au gaz naturel ou au mazout est beaucoup plus avantageux que le chauffage à l'électricité provenant de centrales alimentées au mazout, au charbon ou au gaz. Cet avantage est directement relié à la conversion plus efficace du combustible en chaleur utile. Le désavantage du chauffage domestique au mazout et au gaz, c'est que les polluants se dégagent presque à ras de terre et ne se dispersent pas dans l'atmosphère, avant d'atteindre le sol, dans la même mesure que les polluants qui se dégagent des hautes cheminées des centrales.

Le remplacement de l'automobile par des systèmes électriques de transport en commun offre des avantages sensibles, en ce sens qu'il substituerait aux émanations à ras de terre des automobiles des émanations des hautes cheminées des centrales. Toutefois, les lourdes conséquences de certains polluants atmosphériques ne peuvent être atténuées pour la peine. La consommation d'essence dont il est question au Tableau 1 peut venir appuyer ce qui précède, si l'on pose l'hypothèse que la moitié de cette essence est consommée au cours de voyages qui pourraient se faire en empruntant un système électrique de transport urbain.

Le Tableau 3 à la fin du présent article donne des données comparatives sur les émanations de polluants d'une automobile à un seul passager et de polluants d'un système électrique de transport. Les particules dont il est question dans la dernière colonne du Tableau 3 comprennent toutes les émanations solides non brûlées, par exemple, la suie.

L'utilisation d'un système électrique de transport en commun, à moins de 10 kWh par mille-passager, diminuera grandement le taux d'oxyde de carbone dans l'atmosphère. Une voiture mue à l'électricité, mise au point à l'Université de la Floride, fonctionne à environ 0.06 kWh par mille-passager et, à cette lecture, diminuera énormément la pollution atmosphérique.

#### Évolution de la consommation de combustible

M. E. R. Mitchell, dans un exposé présenté devant l'Association canadienne de l'électricité à Calgary, Alberta, en 1972, a étudié l'évolution de la consommation de combustible entre 1965 et 1970 et a tiré des extrapolations pour l'année 1980 ainsi que le taux de pollution éventuel. Ces extrapolations se trouvent au Tableau 4, à la fin du présent article.

Ces chiffres mettent en lumière le rythme auquel les besoins de la population et les besoins d'énergie augmentent; notre consommation de combustible a presque augmenté de moitié entre 1965 et 1970 et devrait doubler entre 1970 et 1980. Les innovations technologiques ont amélioré l'efficacité de la conversion des combustibles en des formes utiles, comme en fait foi la comparaison de l'efficacité des divers blocs de chauffage résidentiel exposés au Tableau 2. Ces améliorations de l'efficacité des combustibles et les diminutions d'émanations de polluants ont été complètement annulées par l'accroissement annuel de la population et la hausse de notre niveau de vie.

Les tendances illustrées au Tableau 4 peuvent être poussées au-delà de 1980, si l'on pose l'hypothèse que l'augmentation annuelle de notre consommation de combustible restera au même niveau qu'au cours de 1965 à 1970. La nécessité de conserver les combustibles saute aux yeux quand on étudie les besoins futurs en fonction de nos propres réserves de combustible actuellement connues.

Les réserves de charbon suffiront à satisfaire aux besoins prévus jusqu'à bien après le tournant du siècle, tandis que nos ressources de pétrole actuellement connues devraient subsister jusqu'à la fin du siècle courant. C'est vers cette cible — la fin du siècle — que devraient converger nos efforts actuels en matière d'environnement. Pour donner un exemple de l'orientation que devrait prendre la planification afin d'éviter le retour général à l'utilisation du charbon, on se penche sur la possibilité d'utiliser le charbon qui se trouve dans le pétrole pour alimenter les grandes installations industrielles et commerciales. Le recours à un système de ce genre aurait l'avantage d'utiliser nos systèmes actuels d'approvisionnement en combustibles et de prolonger de sept à 13 ans nos réserves de pétrole. Cette proposition nous permettrait de recourir, sans recherche coûteuse, à une autre variable de contrôle du tarissement uniforme de nos réserves de combustible. Autrement, il deviendrait peut-être nécessaire à la longue de convertir le charbon en combustibles gazeux et liquides, procédé qui entraînerait une perte d'énergie que nous saurions difficilement nous permettre.

Les données du Tableau 5 concernant les réserves de combustible valent pour le Canada; des extrapolations semblables ont été dressées pour les réserves mondiales d'énergie. Ces dernières, qui paraissent au Tableau 6 à la fin du présent article, sont l'oeuvre de M. G. Thurlow de l'Office national du charbon du Royaume-Uni, au congrès de l'Institut du charbon, en 1972.

On procède de plus en plus à l'aveuglette à mesure que l'on progresse vers la colonne de droite du Tableau. La demande mondiale devrait augmenter d'environ 30,000,000,000 tonnes de charbon d'ici l'an 2000. Par conséquent, il faut évaluer la durée des combustibles fossiles en décen-

possibilities of coal-in-oil fuel for use by major industrial and commercial installations. The use of a system of this sort has the potential of using present fuel supply systems and of extending the lifetime of our petroleum resources by 7 to 13 years. This proposal would allow the use of a further control variable, without expensive research, for regulating the uniform depletion of our fuel reserves. Otherwise, in time, it might be necessary to convert coal to both gaseous and liquid fuels with attendant loss of energy in the conversion process which this world can ill afford.

The fuel reserves in Table 5 are Canadian figures; similar predictions have been made for world energy reserves. The world prediction shown in Table 6 at the end of this article was made by Dr. G. Thurlow of the United Kingdom National Coal Board at the Institute of Fuel Convention in 1972.

The amount of guesswork increases as we move to the right-hand column of this table. The current world demand is expected to increase to about 3,000,000,000 tons coal equivalent by the year 2000. We must, therefore, consider a lifetime for fossil fuels in terms of decades rather than centuries. The estimates in Table 6 include the assumption that one quarter of the world's energy will be from nuclear power and it is clear that we must go into the next century with a nuclear energy program ready to take over a large measure of the world's energy demand.

This background picture of our fuel reserves comes into conflict with many logical desires for the control of atmospheric pollution. Coal is the most plentiful of our natural fuel resources but it is the least convenient to use — except in the form of a liquid coal-in-oil slurry — and it (coal) is, in general, the fuel which generates the greatest amount of particulate pollution. We must be prepared either to develop new technologies for the use of coal that are capable of meeting stringent environmental standards

when our oil reserves are depleted or to deplete coal and oil resources uniformly.

#### Attitudes to Air Pollution Control

The formation of environmental pressure groups, the generation of environmental protection legislation, and the production of engineering solutions to new technical problems may involve a series of compromises on the part of all participants.

Legislation to control the pollution emitted into our atmosphere can only be formulated intelligently and with a knowledge of what is technically feasible on the premise that the best available technology must be used. The effect of this legislation on our future standard of living, on our diminishing indigenous fuel reserves, and on our national energy policies must be clearly understood by all. Meeting legislation requirements by the use of alternative high grade fuels such as natural gas or oil may not be the wisest policy in view of the short finite limit of these reserves. We must be secure in our knowledge that nuclear power will be able to meet our energy demands before fossil fuel sources are depleted.

The engineer must continue to broaden his approach to the solution of the new technical problems which environmental protection will generate. Social factors will be involved in achieving the highest efficiency of industrial processes and this development must be extended to occur between the engineering, social and political groups that are attempting to solve environmental problems; otherwise the solution will not be universally acceptable.

Meantime a projected Federal Clean Air Act is said to provide for three different levels for the regulation of air pollutants. These are "desirable", "acceptable" and "tolerable". The specified pollutants include sulphur dioxide, particulate matter, carbon monoxide and total oxidants, hydrocarbons and nitrogen oxides. This is a good beginning. ●

TABLE 1  
A Residential Pollution Inventory

Activity	Annual Average Use	Pollution Produced lb./yr.				
		Carbon Dioxide	Carbon Monoxide	Nitrogen Oxides	Sulphur Gases	Particulate Material and Hydrocarbons
Automobile	1,000 gal.	22,890	1,690	243	4.4	165
Space Heating	800 gal.	21,447	10.88	8.74	95.68	17.00
Domestic Electricity Consumption Total kWh	11.622	27,220	13.25	73.96	438.82	21.64
Domestic Electricity Breakdown						
Water Heater	4.811	11,269	5.49	35.50	183.1	8.95
Refrigerator/Freezer	1,829	4,284	2.08	10.05	68.10	3.40
Air Conditioner	1,389	3,253	1.58	7.64	51.71	2.59
Range	1,175	2,752	1.34	6.46	43.80	2.19
Clothes Dryer	993	2,326	1.13	5.46	37.00	1.85
Colour TV	502	1,175	0.57	3.76	18.70	0.94
Dishwasher	363	850	0.41	2.00	15.30	0.67
Humidifier	163	382	0.19	0.90	6.17	0.32
Electric Blanket	147	344	0.17	0.81	5.55	0.27
Automatic Washer	103	241	0.12	0.57	3.84	0.19
Other: clock, carver, hairdryer, shaver, toaster, toothbrush, vacuum cleaner	147	344	0.17	0.81	5.55	0.27
Services:						
Diesel Fuel		25,468	75.85	121.93	96.90	10.47
Aircraft Fuel		1,704	4.2	2.7	3.2	5.6
Industrial Fuel		56,492	26.68	114	45.24	47.7
Smelting (other than fuel)		—	—	—	1823.2	83.6
<b>Total from all Sources</b>		<b>155,521</b>	<b>1821</b>	<b>564.3</b>	<b>6986</b>	<b>351</b>

Grand Total = 165,243 lbs. year including carbon dioxide or 9722lbs./year discounting carbon dioxide.

nies plutôt qu'en siècles. Les estimations du Tableau 6 comprennent l'hypothèse que le quart de l'énergie mondiale proviendra de l'énergie nucléaire; il est donc clair que nous devons entreprendre le prochain siècle avec un programme d'énergie nucléaire qui pourra satisfaire à une grande partie de la demande mondiale d'énergie.

Cette vue d'ensemble de nos réserves de combustible entre en conflit avec une foule d'aspirations logiques du point de vue du contrôle de la pollution atmosphérique. Le charbon constitue la source la plus abondante de nos ressources naturelles de combustible, mais c'est aussi le moins pratique à utiliser — sauf sous la forme de boue liquide dans le pétrole — sans compter qu'il (le charbon) engendre la plus grande quantité de polluants solides. Nous devons donc, soit mettre au point pour l'utilisation du charbon de nouvelles techniques capables de se conformer aux normes strictes concernant l'environnement, quand nos ressources de pétrole seront épuisées, soit contrôler de façon uniforme le tarissement de nos ressources de charbon et de pétrole.

#### Attitudes à l'égard du contrôle de la pollution atmosphérique

La création de groupes de pression en matière d'environnement, la mise en vigueur de mesures législatives pour la protection de l'environnement et la découverte de solutions aux nouveaux problèmes techniques peuvent exiger une série de compromis de la part de tous les groupes en cause.

L'élaboration de mesures législatives de contrôle de la pollution atmosphérique doit se faire de manière intelligente et avec la connaissance de ce qui est réalisable du

point de vue technique; c'est donc dire qu'il faut avoir recours aux techniques les plus poussées. Il faut aussi que tous et chacun comprennent clairement les répercussions de lois de ce genre sur notre niveau de vie à venir, sur nos réserves nationales de combustible en voie de tarissement et sur nos politiques nationales en matière d'énergie. La décision de satisfaire aux exigences de la loi par le recours à des combustibles de rechange et de haute qualité, par exemple, le gaz naturel ou le pétrole, n'est peut-être pas la plus sage, compte tenu que ces réserves sont épuisables à brève échéance. Nous devons nous assurer hors de tout doute que l'énergie nucléaire pourra satisfaire à nos besoins avant que nos sources de combustible fossile ne soient tarées.

L'ingénieur doit continuer à élargir son approche à la solution des nouveaux problèmes techniques que la protection de l'environnement posera. Il faudra tenir compte de facteurs sociaux pour en arriver à la plus grande efficacité possible des procédés industriels, et il faut que les groupes techniques, sociaux et politiques qui cherchent des solutions aux problèmes de l'environnement s'en rendent compte; sinon, les solutions qu'ils trouveront ne seront pas universellement acceptables.

Dans l'entre-temps, le gouvernement fédéral étudie actuellement un projet de loi sur le contrôle de la pollution atmosphérique, qui prévoit trois niveaux de contrôle des polluants atmosphériques: "souhaitable", "acceptable" et "tolérable". La loi traite, entre autres polluants, de l'anhydride sulfureux, des particules, de l'oxyde de carbone et des oxydants totaux, des hydrocarbures et des oxydes d'azote. C'est déjà un commencement. ●

TABLEAU 1  
Inventaire de la pollution résidentielle

Activité	Moyenne annuelle d'util.	Pollution produite liv./année				
		Anhyd. carbon.	Oxyde de carbone	Oxydes d'azote	Gaz sulfureux	Particules et hydrocarbures
Automobile	1,000 gal.	22,890	1,690	243	4.4	165
Chauffage	800 gal.	21,447	10.88	8.74	95.68	17.00
Electricité domestique						
Consommation totale kWh	11,622	27,220	13.25	73.96	438.82	21.64
Répartition de l'électricité domestique						
Chauffe-eau	4,811	11,269	5.49	35.50	183.1	8.95
Réfrigérateur/congélateur	1,829	4,284	2.08	10.05	68.10	3.40
Climatiseur	1,389	3,253	1.58	7.64	51.71	2.59
Cuisinière	1,175	2,752	1.34	6.46	43.80	2.19
Sècheuse automatique	993	2,326	1.13	5.46	37.00	1.85
Téléviseur couleurs	502	1,175	0.57	3.76	18.70	0.94
Laveuse de vaisselle	363	850	0.41	2.00	15.30	0.67
Humidificateur	163	382	0.19	0.90	6.17	0.32
Couverture électrique	147	344	0.17	0.81	5.55	0.27
Laveuse automatique	103	241	0.12	0.57	3.84	0.19
Autres: horloge, couteau à dépecer, sèche-cheveux, rasoir, grille-pain, brosse à dents, aspirateur	147	344	0.17	0.81	5.55	0.27
Services:						
Combustible diésel		25,468	75.85	121.93	96.90	10.47
Combustible d'avion		1,704	4.2	2.7	3.2	5.6
Combustible industriel		56,492	26.68	114	45.24	47.7
Fonderie - autre que le comb.		—	—	—	1823.2	83.6
<b>Total de toutes les sources</b>		<b>155,521</b>	<b>1821</b>	<b>564.3</b>	<b>6986</b>	<b>351</b>

Grand total = 165,243 livres par année, y compris l'anhydride carbonique, 9722 livres par année, à l'exclusion de l'anhydride carbonique.



**TABLE 2**  
**A Comparison of Pollution From Residential Heating**

System	System Efficiency %	Pollution Potential: lb./yr.				
		Carbon Dioxide	Carbon Monoxide	Nitrogen Oxides	Sulphur Gases	Particulates
Oil Fired*	75	17,426	8.84	7.105	77.74	13.81
Gas Fired	80	11,251	76.75	3.76	0	0
Electric including station efficiency; oil fired power station	25	52,008	25.33	122.10	827	41.36

\* A new clean system will operate with an efficiency of 75%. With time this efficiency will decrease and consequent pollutant emission will increase.

**TABLE 3**  
**Emissions from a Single Passenger Automobile**

Pollution Source	Pollution Potential: lbs. per Passenger Mile				
	Carbon Dioxide	Carbon Monoxide	Nitrogen Oxides	Sulphur Gases	Particulates and Hydrocarbons
<b>Motor Gasoline</b> 7500 miles at 16.3 mpg	1.53	0.11	0.0162	0.00029	0.011
<b>Electric Transport at:</b> 100 kWh per passenger mile	234	0.114	0.55	3.725	0.1863
10 "	23.4	0.0114	0.055	0.3725	0.01863
1 "	2.34	0.00114	0.0055	0.03725	0.001863
0.1 "	0.234	0.000114	0.00055	0.003725	0.0001863
0.01 "	0.0234	0.0000114	0.000055	0.00037	0.00001863
0.06 "	0.14	0.000068	0.00033	0.00224	0.00011

**TABLE 4**  
**Fuel Consumption by Use Category and Resulting Air Pollution 1965-1980**  
(incorporating selected abatement measures)

Use Category	Fuel Consumption			Resulting Air Pollution		
	Btu* x 10 <sup>15</sup>	% of Total	Annual Increase, % 1965/1970	Tons '000,000	% of Total	Annual Increase, % 1965/1980
Residential/Commercial	1970: 1.2 1980: 2.3	28.6 29.1	5.9	0.32 0.46	2.4 5.3	-1.2
General Industry	1970: 1.3 1980: 2.5	31.0 31.6	5.4	1.60 1.10	13.0 13.5	2.7
Thermal Power	1970: 0.5 1980: 1.3	11.9 16.5	10.8	0.8 1.60	6.5 19.6	21.7
Automobile	1970: 0.9 1980: 1.3	21.4 16.5	5.1	9.10 4.20	74.0 51.8	18.2
Other Transportation	1970: 0.3 1980: 0.5	7.1 6.3	8.4	0.5 0.8	4.1 9.8	10.8
<b>Total</b>	1970: 4.2 1980: 7.9			12.3 8.2		

\* One BTU is the energy required to raise the temperature of 1 lb. of water by 1° Fahrenheit.  
10<sup>15</sup> equals 1,000,000,000,000,000.

**TABLE 5**  
**Fuel Consumption in Relation to Canadian Fuel Reserves**

Fuel	Annual Rate of Increase (%) 1965/1970	Reserve x 10 <sup>15</sup> Btu	Reserve Lifetime at 1970 rate of Consumption	Reserve Lifetime at continued rate of increase from Column 2
Petroleum Products	6.5	80 215 (a)	33 years	18 years 28 years
Coal	3.7	146	250 years	64 years (b)

(a) Tar Sands Deposits: the extent of recovery from tar sands is not yet known: this factor has been set at 50%.  
(b) This figure may be misleading because coal, increasingly, will be called upon to fill the gap left by depletion of our oil reserves, environmental controls permitting.

**TABLE 6**  
**World Fuel Reserves (in 10<sup>9</sup> tons Coal Equivalent)\***

	Exploitable Reserve	Measured Reserve	Total Reserve (including unmeasured reserve)
Coal	250	500	3000 - 7000
Brown Coal	85	180	
Petroleum	100	100	350 - 500
Oil Shale	—	100	
Gas	40	40	300 - 400

\* 10<sup>9</sup> = 1,000,000,000.

**TABLEAU 2**  
**Comparaison de la pollution par le chauffage résidentiel**

Système	Efficacité du système %	Pollution possible: liv./année				
		Anhydride carbonique	Oxyde de carbone	Oxydes d'azote	Gaz sulfureux	Particules
Mazout*	75	17,426	8.84	7.105	77.74	13.81
Gaz	80	11,251	76.75	3.76	0	0
Electricité, y compris l'efficacité de la centrale; centrale alimentée au mazout	25	52,008	25.33	122.10	827	41.36

\* Un système propre et neuf fonctionne à une efficacité de 75 p. 100. Avec le temps cette efficacité diminuera et les émanations conséquentes de polluants augmenteront.

**TABLEAU 3**  
**Emanations d'une voiture à un seul passager**

Source de pollution	Pollution possible: liv. par mille-passager				
	Anhydride carbonique	Oxyde de carbone	Oxydes d'azotes	Gaz sulfureux	Particules et hydrocarbures
Essence à moteur 7500 milles à 16.3 mpg	1.53	0.11	0.0162	0.00029	0.011
Transport électrique à: 100 kWh par mille-passager	234	0.114	0.55	3.725	0.1863
10	23.4	0.0114	0.055	0.3725	0.01863
1	2.34	0.00114	0.0055	0.03725	0.001863
0.1	0.234	0.000114	0.00055	0.003725	0.0001863
0.01	0.0234	0.0000114	0.000055	0.00037	0.00001863
0.06	0.14	0.000068	0.00033	0.00224	0.00011

**TABLEAU 4**  
**Consommation de combustible par catégorie d'utilisation et pollution atmosphérique résultante, 1965-1980 (y compris certaines mesures de rajustement)**

Catégorie d'utilisation	Consommation de combustible			Pollution atmosphérique résultante		
	UTB* x 10 <sup>15</sup>	% du total	Augmentation annuelle, % 1965/1970	Tonnes en millions	% du total	Augmentation annuelle, % 1965/1980
Résidentielle/ commerciale	1970 1.2	28.6	5.9	0.32	2.4	-1.2
	1980 2.3	29.1		0.46	5.3	
Industrielle générale	1970 1.3	31.0	5.4	1.60	13.0	2.7
	1980 2.5	31.6		1.10	13.5	
Centrale thermique	1970 0.5	11.9	10.8	0.8	6.5	21.7
	1980 1.3	16.5		1.60	19.6	
Automobile	1970 0.9	21.4	5.1	9.10	74.0	18.2
	1980 1.3	16.5		4.20	51.8	
Autres modes de transport	1970 0.3	7.1	8.4	0.5	4.1	10.8
	1980 0.5	6.3		0.8	9.8	
<b>Total</b>	<b>1970</b> <b>4.2</b>			<b>12.3</b>		
	<b>1980</b> <b>7.9</b>			<b>8.2</b>		

\* Une UTB constitue l'énergie nécessaire pour faire monter de 1° Fahrenheit la température d'une livre d'eau. 10<sup>15</sup> égale 1,000,000,000,000,000.

**TABLEAU 5**  
**Consommation de combustible par rapport aux réserves de combustible du Canada**

Combustible	Taux annuel d'augmentation, % 1965/1970	Réserves x 10 <sup>12</sup> UTB	Durée des réserves au rythme de consommation de 1970	Durée des réserves au rythme continu d'augmentation de la colonne 2
Produits du pétrole	6.5	80 215 (a)	33 ans	18 ans 28 ans
Charbon	3.7	146	250 ans	64 ans(b)

**TABLEAU 6**  
**Réserves mondiales de combustible — en équivalent de 10<sup>9</sup> tonnes de charbon\***

	Réserves exploitables	Réserves mesurées	Réserves totales, y compris les réserves mesurées
Charbon	250	500	
Charbon brun	85	180	3000 - 7000
Pétrole	100	100	350 - 500
Schiste bitumineux	—	100	
Gaz	40	40	300 - 400

\* 10<sup>9</sup> égale 1,000,000,000.

a. Gisements de sables goudronneux; comme le pourcentage de récupération de ces gisements n'est pas encore connu, nous l'avons fixé à 50%.

b. Ce chiffre peut se révéler trompeur, car on aura de plus en plus recours au charbon pour contrebalancer le tarissement de nos réserves de pétrole, si les mesures de contrôle de l'environnement le permettent.