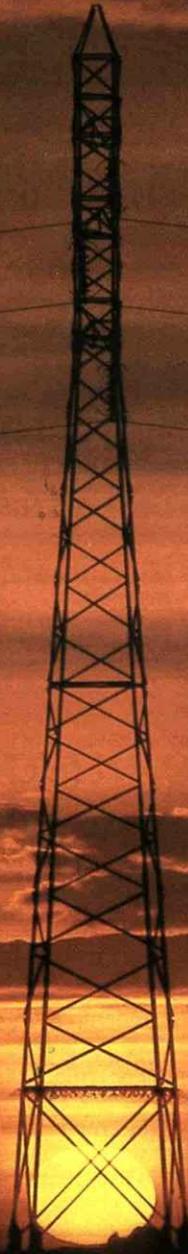




COUNCIL  
OF EUROPE

CONSEIL  
DE L'EUROPE



**Naturopa**



centre  
européen  
d'information  
pour la  
conservation  
de la  
nature



Ce symbole des activités du Conseil de l'Europe en matière de conservation de la nature est aussi celui de la campagne du Centre sur la conservation de la vie sauvage et des habitats naturels lancée en 1979 et qui se poursuivra, compte tenu de l'immense succès remporté, jusqu'à la fin de l'année 1981.

Naturopa est publié en anglais, en français, en allemand et en italien, par le Centre européen d'information pour la conservation de la nature du Conseil de l'Europe, F 67006 Strasbourg Cedex.

Editeur responsable: Hayo H. Hoekstra  
Rédactrice: Annick Pachod  
Réalisation et mise en page: Roland Schwoegler

Imprimeur: Koelblindruck, Baden-Baden  
Photogravure: Becker, Karlsruhe  
(République Fédérale d'Allemagne)

Les textes peuvent être reproduits librement, à condition que toutes les références soient mentionnées. Le Centre serait heureux de recevoir un exemplaire témoin, le cas échéant. Tous droits de reproduction des photographies sont expressément réservés.

Les opinions exprimées dans cette publication n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Conseil de l'Europe.

Couverture: Photo Mallet - Explorer  
Dos: Photo T. Gürpinar

# Naturopa

n° 37 - 1981

Editorial	R. Hansen	3
Le défi énergétique: les vingt prochaines années	R. H. Johnson	4
Capter le soleil. . .	L. Reijnders	7
La qualité de l'air	A. Berger	9
L'enjeu nucléaire	P. Venditti	12
Hydrogène, promesse du futur?	B. Arnason	14
La crise énergétique: chance ou catastrophe pour la société européenne?	H. de Koster	15
Les communes et régions d'Europe face au nucléaire	B. Dupont	19
La nature agressée	H. Weiss	20
L'impact sur les eaux	E. Hoffmann	22
Le gaspillage des ressources naturelles	F. Wolkingner	25
Limites écologiques	F. Ramade	28

## Energie, jusqu'où irons-nous?

Le présent numéro est consacré à l'énergie, question qui fait actuellement tous les gros titres et qui pèse sur toutes les décisions politiques. L'énergie et ses diverses sources découvertes, maîtrisées et exploitées par l'homme, ont maintes fois modelé et remodelé l'histoire humaine, et nous traversons actuellement la dernière en date de ces phases de mutation.

L'énergie musculaire, l'énergie éolienne et les autres formes d'énergie, ainsi que la «nucléarisation» et la recherche de sources énergétiques moins polluantes et meilleur marché, ont de profondes répercussions sur l'histoire contemporaine, comme sur le domaine d'intérêt de *Naturopa*, qui est la sauvegarde de la nature. Les éditeurs de *Naturopa* se sont donc efforcés d'illustrer les incidences de nos besoins énergétiques sur l'environnement naturel afin de prouver au lecteur que nous avons tous une part de responsabilité à cet égard.

La recherche de sources d'énergies nouvelles peut entraîner dans l'environnement des changements radicaux tels que la disparition de torrents de montagne, l'élévation de la température de certains

cours d'eau, le danger que les lignes à haute tension représentent pour l'avi-faune et la pollution qui affecte probablement toutes les eaux de la planète.

L'étude de certains problèmes liés à l'énergie figure dans le Programme de travail intergouvernemental du Conseil de l'Europe et l'Assemblée parlementaire a exposé clairement son point de vue et ses préoccupations en la matière, comme son Président le rappelle dans l'un des principaux articles de ce numéro.

Le prochain *Naturopa*, qui portera le n° 38, paraîtra au cours de l'été 1981. Il fera l'historique des réserves naturelles d'Europe et traitera en particulier du rôle de premier plan que le Conseil de l'Europe joue dans ce domaine avec son réseau de réserves biogénétiques et une distinction sans équivalent: le Diplôme européen.

H.H.H.



# Editorial

(Photo Fjellanger Wideroe A/S)

La situation énergétique pose à tous les pays, à des degrés divers, un problème économique, politique et d'environnement.

La Norvège est à bien des égards en position privilégiée, grâce à ses importantes ressources d'énergie hydro-électrique et grâce au pétrole et au gaz de la mer du Nord. Mais à l'heure actuelle, l'évolution à laquelle on assiste ici présente les mêmes tendances que celles des autres pays industrialisés et s'accompagne d'effets secondaires tels que la pollution ou la dégradation de l'environnement naturel. Nous sommes donc obligés d'accorder une priorité croissante à la résolution des conflits dus au développement de l'énergie hydro-électrique, à la lutte contre les effets de la pollution résultant de l'emploi de combustibles fossiles et à l'établissement de programmes visant à économiser l'énergie et à limiter les émissions polluantes.

Lorsqu'on définit des politiques de l'environnement et des politiques énergétiques il faut, à mon avis, soumettre à des règles strictes de protection de l'environnement toutes les sources de pollution, y compris les activités liées à la production et à l'utilisation d'énergie. A cette fin, il convient d'évaluer les impacts sur l'environnement dès les premiers stades de la planification de centrales ou d'installations industrielles importantes.

Ces entreprises doivent être tenues d'obtenir un permis, ou de se plier à toute autre formalité les obligeant à respecter des règles rigoureuses, et notamment à utiliser la technique s'avérant, tout bien pesé, la plus capable de limiter les émissions polluantes, et à évaluer les effets que ces émissions peuvent avoir sur l'environnement non seulement dans le pays, mais aussi à l'étranger.

D'importantes mesures d'économie d'énergie doivent avoir leur place dans la planification et la mise en œuvre des politiques énergétiques nationales. En Norvège, au cours des dix ou vingt prochaines années, on investira 6 à 8 millions de dollars américains dans un vaste programme visant à réduire la pollution émanant d'installations industrielles anciennes et d'usines d'épuration. L'objectif de ce programme est d'allier la lutte contre la pollution à des mesures d'économie d'énergie et à des mesures tendant à améliorer l'environnement de travail. Nous avons mis en œuvre une bonne moitié du volet concernant l'industrie et les

mesures prises à ce jour entraîneront une économie d'énergie égale à environ 1,5% de la consommation nationale annuelle d'électricité et à 2 ou 3% de la consommation nationale de pétrole. C'est dans les industries métallurgiques, dont l'industrie de l'aluminium, qu'on réalisera les plus fortes économies d'électricité et c'est dans l'industrie de la papeterie qu'on réalisera les plus fortes économies de pétrole.

Les autorités norvégiennes encouragent, par le jeu d'un système de prêts et de garanties publics, mis en vigueur en 1977, ces mesures combinées, c'est-à-dire permettant à la fois de réduire la pollution et d'économiser l'énergie.

Nous comptons également faciliter par des prêts et une aide financière directe la création d'installations municipales et régionales d'incinération des déchets, dont le deuxième rôle est de fournir de l'énergie aux industries et aux habitations voisines, sous forme d'eau chaude, de vapeur et d'électricité. En outre, des centrales locales utiliseront la chaleur provenant des déchets des usines à forte consommation d'énergie et des raffineries. On prévoit la construction de centrales de cette sorte dans plusieurs régions de Norvège. La réalisation de tels projets ne peut se concevoir sans la coordination des objectifs en matière d'environnement et d'énergie.

Nous recourons aussi à d'autres moyens pour essayer de réduire les effets polluants de la production d'énergie, et notamment les effets de l'émission de composés soufrés. Dans une analyse coût-bénéfice en cours de réalisation en Norvège, on établit une comparaison entre le coût d'une application aux industries anciennes de la règle interdisant aux

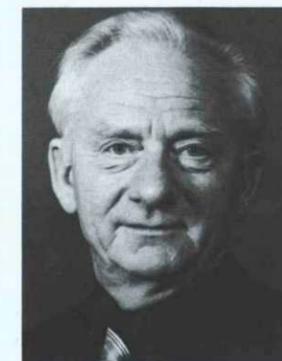
industries nouvelles d'utiliser un pétrole dont la teneur en soufre dépasserait 1%, et les avantages qui en résulteraient, à savoir la réduction des dangers pour la santé, de la corrosion, de l'acidification de l'eau et du sol et des dommages causés aux récoltes.

Un des graves problèmes qui se posent à cet égard résulte du fait que, même si nous parvenons à diminuer les émissions de composés soufrés sur notre territoire, nous restons exposés à la pollution européenne, largement supérieure à celle de la Norvège. Nous espérons que la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance, signée à Genève en novembre 1979 par trente et un pays membres de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies ainsi que par les Communautés européennes, sera bientôt ratifiée par tous les Etats signataires et que ces derniers mettront tout en œuvre pour atteindre les objectifs de la convention. L'acidité des eaux de pluie a entraîné en Norvège, ainsi que dans d'autres pays, la disparition d'un grand nombre de poissons d'eau douce. En outre, dans tous les pays industriels de nombreux documents font état des autres dégâts dus aux émissions soufrées. Il est donc de la plus haute importance d'élaborer dans le domaine de l'énergie des stratégies capables de mener à une réduction progressive de ces émissions.

Je suis persuadé que les difficultés économiques que nous connaissons aujourd'hui s'aggraveront avec le temps si nous reléguons au second plan nos priorités en matière d'environnement. A mon avis, on aurait également tort d'essayer de contrebalancer le renchérissement du combustible par un freinage des mesures antipollution visant la production d'énergie.

J'estime par ailleurs que tous les pays industrialisés devraient intensifier leur effort pour assurer aux pays en développement une part équitable des ressources énergétiques mondiales.

Nous devons en même temps partager avec eux notre connaissance des techniques de production et de consommation d'énergie non polluante ou faiblement polluante, de manière à leur épargner certaines des erreurs que nous avons commises et à donner une assise plus solide aux efforts que nous déployons conjointement pour protéger et améliorer l'environnement à l'intention des générations futures.



Rolf Hansen



# Le défi énergétique: les vingt prochaines années

Richard H. Johnson

Pour de nombreuses personnes appartenant ou non aux sphères dirigeantes, la première moitié des années 70 restera l'époque à laquelle s'est imposée l'idée qu'une crise de l'énergie s'abattait sur le monde. Comme ceux qui savent lire entre les gros titres s'en rendaient fort bien compte, cette crise représentait davantage qu'une brusque augmentation du prix du pétrole et une suspension des approvisionnements pétroliers. Pour la première fois, les pays industrialisés devaient faire face à la réalité d'une planète

aux ressources limitées. En même temps, leur prise de conscience des problèmes de l'environnement attirait l'attention sur les conséquences de la production, du transport et de l'utilisation de l'énergie. Ces préoccupations portaient particulièrement sur certaines réactions des gouvernements à la crise énergétique. Quant aux pays en voie de développement, qui ont toujours été plus conscients que les autres des limites de leurs ressources naturelles pour satisfaire leurs besoins et leur aspiration à un avenir meilleur, ils ont

ressenti la crise pétrolière plus durement encore. Pour comprendre la nature de l'énorme problème politique, économique et mésologique posé par ce que l'on appelle la crise énergétique, il est intéressant de déterminer pourquoi, avant les années 70, la satisfaction des besoins énergétiques de l'Europe ne bénéficiait pas de la priorité que lui accordent aujourd'hui les gouvernements nationaux et ne constituait pas, pour l'environnement social et naturel, la menace que beaucoup voient désormais en elle.

Certains estiment que si la production économique de l'Europe a pu doubler en l'espace de vingt ans jusqu'en 1973, c'est surtout et même uniquement grâce à un accroissement comparable de l'offre d'énergie bon marché et disponible sous une forme pratique. Avant 1973, la consommation européenne d'énergie primaire représentait approximativement 1,2 milliard de tonnes d'équivalent pétrole. Depuis 1955 environ, époque à laquelle l'Europe avait largement surmonté les inquiétudes suscitées par la guerre de Corée et la deuxième guerre mondiale quant aux approvisionnements en produits énergétiques et en matières premières, la part des hydrocarbures dans les approvisionnements énergétiques totaux était constituée par du pétrole brut importé de ce qui allait devenir les pays de l'OPEP, tous situés au Moyen-Orient, en Afrique et en Amérique latine. En 1973, l'Europe consommait environ 44% de la production pétrolière de l'OPEP, contre 17% pour le Japon et 18% pour les Etats-Unis, dont l'entrée récente sur le marché mondial devait beaucoup contribuer à précipiter la crise pétrolière; quant aux pays en voie de développement, leur consommation ne représentait alors que 22% environ de cette production.

Jusqu'aux années 70 et malgré cet énorme accroissement de la consommation, les découvertes de nouveaux gisements réalisées par les compagnies pétrolières internationales pour les pays de l'OPEP suivaient un rythme au moins aussi rapide que celui des exportations d'or noir. Ces compagnies possédaient, extrayaient, transportaient, raffinaient et livraient les produits pétroliers en quantités sans cesse croissantes et à des prix de plus en plus bas en termes réels. Les avantages apparents de ce système d'approvisionnement énergétique étaient tels que les gouvernements ne se préoccupaient guère de savoir quelles étaient les conséquences stratégiques et politiques du fait que les approvisionnements énergétiques reposaient à 60% sur les impor-

tations de pétrole, ni de savoir — dans une optique à plus long terme — combien de temps encore dureraient les réserves de pétrole.

En dehors de leur prix, quels étaient et quels sont toujours les avantages des hydrocarbures en tant que combustibles? Ces avantages tiennent principalement à ce que le pétrole et le gaz naturel sont des produits énergétiques fortement concentrés et contenant relativement peu de substances toxiques à forte persistance. Aussi leur production à terre, leur raffinage, leur distribution et leur combustion ne produisaient-ils sur l'environnement que des effets relativement faibles, peu nombreux et faciles à limiter. Le gaz peut être acheminé par des conduites enterrées. Quant au pétrole, c'est un combustible très souple dans la mesure où il est possible de l'expédier en petites ou en grandes quantités vers un très grand nombre d'endroits décentralisés sans qu'il faille aménager une infrastructure de transport supplémentaire, si ce n'est quelques terminaux de stockage. De surcroît, les hydrocarbures sont d'un emploi très commode.

## Quel est le défi énergétique ?

Le défi énergétique que va devoir relever une société industrielle soucieuse de continuer à élever son niveau de vie tout en protégeant son environnement, tient non seulement à ce que la plupart des pays risquent de voir diminuer leurs approvisionnements en hydrocarbures, mais aussi à ce que les sources d'énergie destinées à remplacer ceux-ci n'en présentent pas tous les avantages énoncés précédemment. Par ailleurs, la plupart des gouvernements considèrent à présent la réduction de leur dépendance vis-à-vis des produits énergétiques d'importation comme une priorité stratégique et économique. De ce fait, les ressources naturelles de l'Europe vont sans doute être de plus en plus demandées, et il va falloir mettre en place une infrastructure de distribution appropriée.

Quelles options et mesures l'Europe peut-elle prendre en vue de relever le défi énergétique, et quelles en seraient les conséquences? Elles varient naturellement d'un pays à l'autre, mais il est possible de repérer certains points communs à toutes. Il convient pour cela de se pencher surtout sur les vingt prochaines années, non parce que le problème doit se dissiper à plus long terme (il risque plutôt de s'aggraver), mais parce que l'horizon de cette période est propice à l'évaluation d'éventualités sur lesquelles on possède d'ores et déjà des renseignements. D'autre part, il s'agit de la période durant laquelle les pays industrialisés vont devoir élaborer une politique énergétique rompant définitivement avec leur actuelle dépendance par rapport aux importations de pétrole. Si ces pays renonçaient à un tel changement, ils devraient s'attendre — comme le reste du monde — à des



Notre soif d'énergie a parfois des conséquences négatives sur le paysage et l'environnement: ici le pipe-line d'Alaska qui est surélevé pour permettre le passage du grand gibier et conçu pour résister aux changements de température et aux secousses sismiques (Photo Bureau of Land Management)

conséquences économiques et sociales désastreuses.

## Relations entre l'énergie et l'environnement

Avant d'étudier la question des options énergétiques et de leurs incidences sur l'environnement, il faut examiner les relations existant entre l'énergie et l'environnement naturel. L'établissement d'un lien entre l'une et l'autre dans un contexte aussi abstrait ne signifie rien en soi. Ce que l'on cherche à évoquer par là, ce sont évidemment les conséquences sur l'environnement de la production, de la transformation, du stockage, du transport et de l'utilisation de l'énergie; ce sont aussi — peut-on ajouter — les efforts tendant à éviter l'emploi de l'énergie. L'impact de chacune de ces opérations énergétiques peut être local, régional ou global, quoiqu'en pratique, seules quelques-unes de ces activités soient en cause. De même, il est généralement exact de dire que l'évaluation quantitative et souvent aussi qualitative des impacts, présente une précision inversement proportionnelle à la dispersion de ces derniers. Par exemple, il est possible d'évaluer avec une assez grande précision les concentrations au niveau du sol d'une certaine émission atmosphérique près de l'usine qui en est responsable. Quant à déterminer la concentration totale du même produit polluant provoquée en haute atmosphère par toutes les émissions atmosphériques d'une région donnée et à comprendre la manière dont elle se disperse, il s'agit là d'un problème d'une autre nature, de même que l'évaluation de l'impact de cette concentration sur les différents écosystèmes régionaux ou planétaires. Bien entendu, il s'agit là d'une situation familière aux écologistes. Les prédictions relatives aux effets globaux sur l'environnement donnent naturellement lieu à des

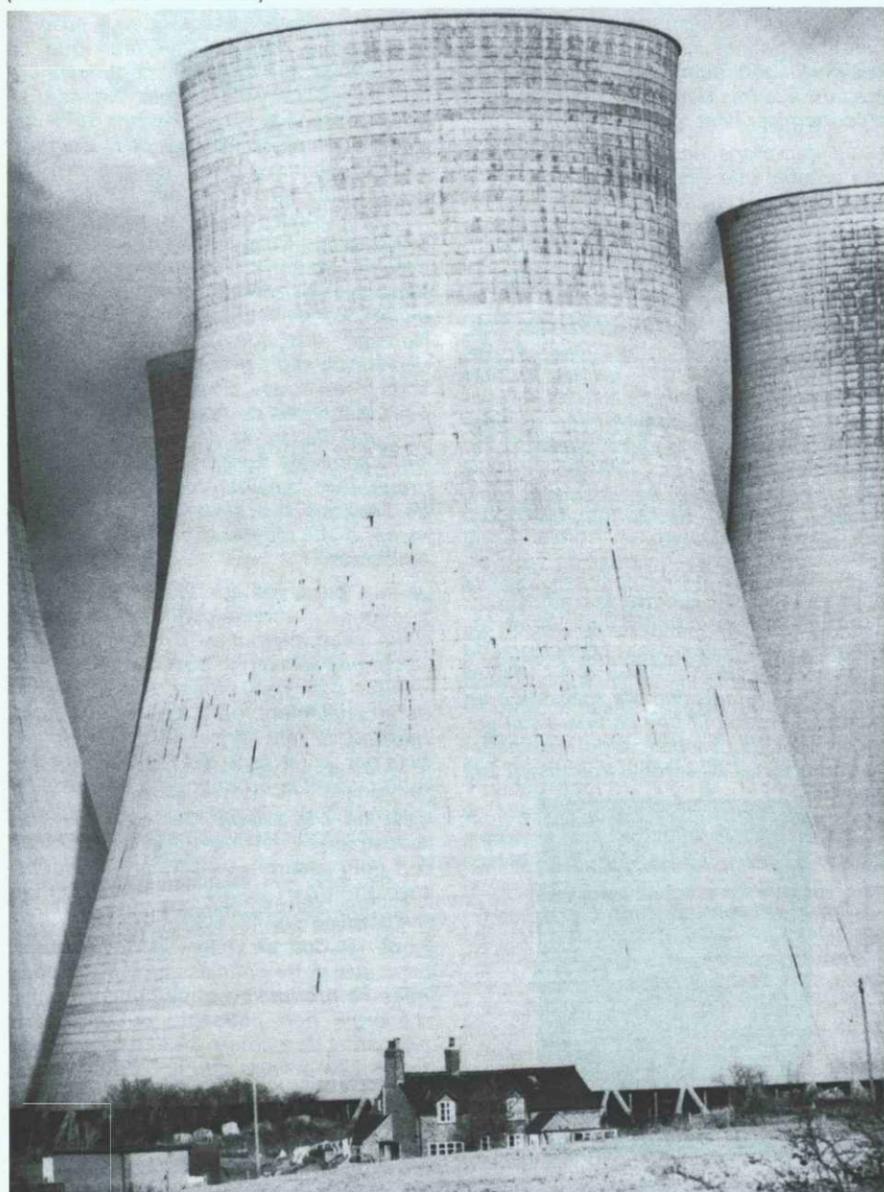
controverses très vives, de sorte que les administrateurs et les hommes politiques hésitent davantage à agir en vue de restreindre les émissions tenues par certains pour responsables de ces effets. La coopération est d'autant plus difficile à instaurer qu'elle s'impose davantage. Cette difficulté revêt une importance particulière dans le présent contexte, car la conversion et l'utilisation d'énergie entraînent souvent la combustion de combustibles fossiles (et à l'avenir, de biomasse) par laquelle des produits polluants peuvent accéder au milieu universel le plus conductible qui soit, à savoir l'atmosphère.

## Options énergétiques

Pour en revenir à présent aux options énergétiques et à leurs incidences, le premier facteur à examiner est celui des besoins énergétiques. De quelle quantité d'énergie l'Europe aura-t-elle besoin au cours des vingt prochaines années et sous quelle forme en aura-t-elle besoin? La dernière question, qui est importante, n'était guère prise en considération il y a peu de temps encore. Comme l'énergie est employée à de multiples fins, par exemple l'entraînement mécanique, le chauffage de locaux, l'obtention de hautes températures aux fins de transformation industrielle, etc., il est évident que les formes sous lesquelles elle est appelée à se présenter varient en fonction de ses usages.

Plusieurs facteurs peuvent influencer sur les besoins énergétiques et la croissance économique d'une collectivité: le climat, les caractéristiques démographiques et géographiques, le niveau de vie, les traditions en matière de culture et de loisirs, et surtout la structure industrielle de la société. Tous ces facteurs, ajoutés à celui des ressources énergétiques autochtones, déterminent à la fois la quantité et

(Photo B. Harris - The Times)



## Le défi énergétique: les vingt prochaines années

le type d'énergie que consomme une économie nationale. Beaucoup changent, mais leur évolution est assez lente. Cependant, en l'espace de vingt à trente ans, les sociétés industrielles sont à même de modifier leurs structures dans des proportions assez substantielles. Au moyen d'une politique délibérée, les gouvernements sont capables d'influer, par exemple, sur le rythme d'évolution des transports publics et de l'urbanisme. La structure en question subit aussi l'influence des prix de l'énergie: certaines industries grosses consommatrices d'énergie sont plus menacées de déclin que des industries moins gourmandes; d'autre part, le secteur des services croît plus vite que celui de la manufacture, et les coûts élevés de l'énergie ne feront qu'intensifier cette tendance.

Enfin, il y a la question cruciale de savoir dans quelle mesure il est possible d'utiliser l'énergie plus efficacement ou différemment, et de la conserver. Cette question est évidemment à la base même des préoccupations des défenseurs de l'environnement, car elle implique la nécessité non seulement de conserver les ressources naturelles, mais aussi d'éviter que les emplois de l'énergie ne nuisent à l'environnement en évitant de devoir en produire, en transporter et en consommer davantage. Une unité d'énergie économisée dans le cadre d'un emploi particulier est une unité économisée pour toujours, alors que la même unité consommée en trop dans le cadre de l'emploi considéré est une unité d'énergie de plus à puiser dans des réserves limitées.

L'Europe ne réussit actuellement à consommer « utilement » qu'un peu plus de 30% de ses approvisionnements en produits énergétiques bruts. Cette proportion atteint 45% pour les produits énergétiques tels qu'ils sont livrés aux utilisateurs, c'est-à-dire après transformation et transport par les industries spécialisées. La deuxième loi de la thermodynamique interdit la récupération d'une part considérable de l'énergie perdue. Néanmoins, on a calculé que techniquement et économiquement, il était possible de réaliser des économies de 15 à 35% dans la plupart des utilisations de l'énergie aux fins de transformation industrielle ou de transport. Chez les particuliers, où l'on consomme environ un tiers de l'énergie utile totale, ces économies peuvent atteindre 40%. Le gouvernement a la possibilité d'influer sur la réaction des consommateurs à la hausse des prix de l'énergie et d'agir lui-même résolument dans le secteur public. Le fait est, cepen-

dant, que l'investissement dans la conservation de l'énergie dépend en grande partie de nombreuses décisions décentralisées. Les responsables de la politique énergétique se sentent naturellement sur un terrain plus solide lorsqu'il leur suffit de prendre quelques options centralisées quant aux investissements à consentir dans les approvisionnements en énergie.

### Accroissement des besoins

En dépit des très importantes possibilités qui existent de réduire la consommation, la plupart des prévisions relatives aux consommations énergétiques nationales annoncent un accroissement des besoins de l'Europe au cours des vingt prochaines années. Les politiques énergétiques nationales, rappelons-le, visent non seulement à répondre à ces besoins, mais aussi à réduire la dépendance vis-à-vis des importations de pétrole. Quelles sont les différentes options en présence? Dans l'ensemble, on peut s'attendre à un apport énergétique supplémentaire de la part du gaz naturel, qui est l'une des sources d'énergie les plus inoffensives pour l'environnement. Mais c'est surtout vers le charbon et l'énergie nucléaire que la plupart des pays se tournent actuellement pour remplacer le pétrole, car ils y voient les sources énergétiques primaires les plus abondantes et les plus économiques. Pour la majeure partie d'entre eux, aucune de ces deux solutions n'offre l'indépendance par rapport aux importations de combustible primaire, mais leur emploi permettrait au moins de diversifier les sources d'approvisionnement.

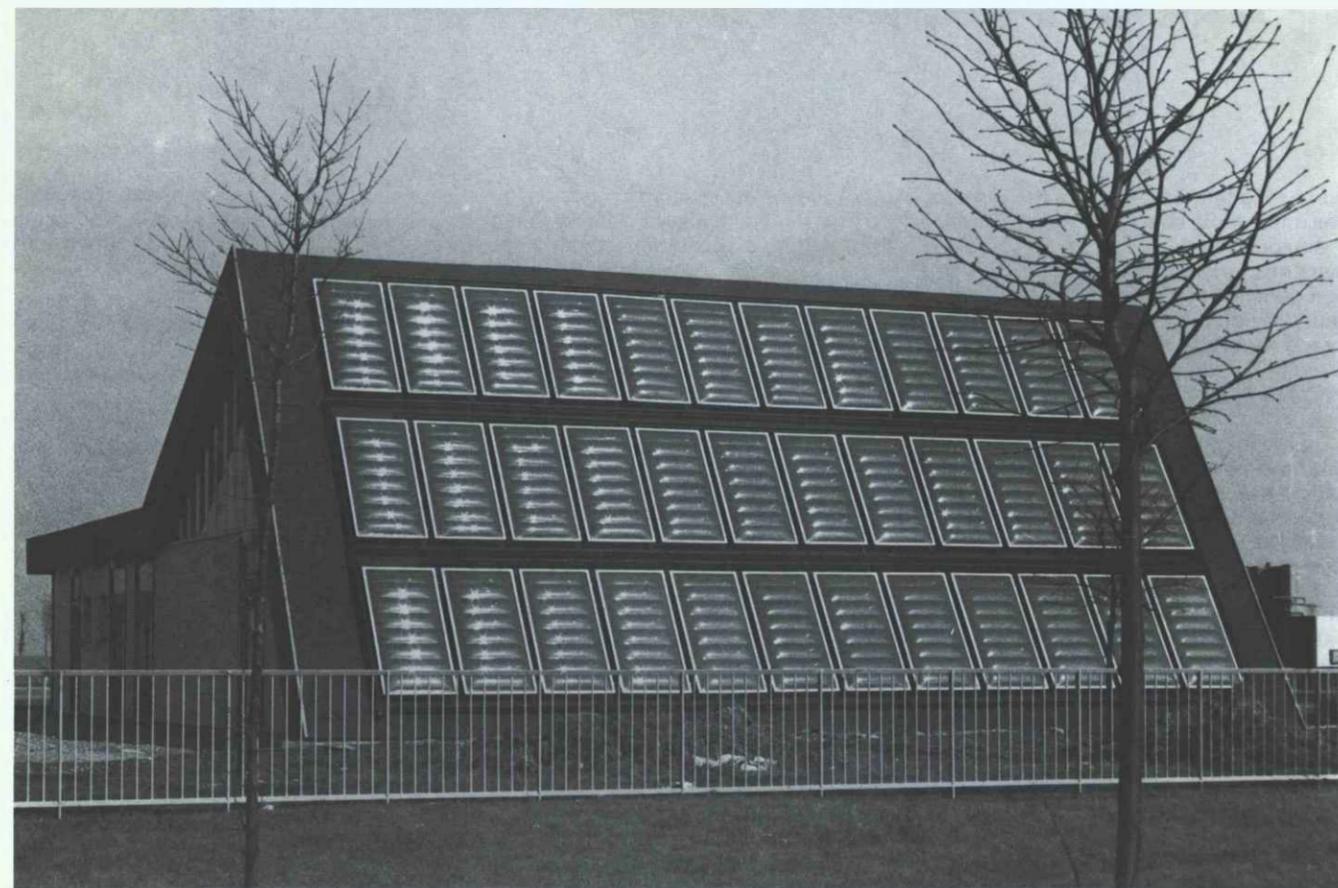
Le charbon peut être utilisé directement par les consommateurs comme combustible fossile remplaçant les hydrocarbures, mais on peut également — dans des usines de transformation centralisées — le convertir en un gaz synthétique plus facile à transporter et plus propre à brûler que le produit initial. Il est impossible de déterminer si c'est la conversion centralisée ou la combustion directe décentralisée qui produit le moins d'effets sur l'environnement. Tout dépend probablement des circonstances locales.

L'énergie nucléaire se présente comme une forme d'énergie dont la production est hautement centralisée et qui doit être distribuée sous forme d'électricité. En dehors des questions nombreuses et vivement controversées que son exploitation soulève sur le plan de la sécurité et de l'environnement comme sur le plan social (et en partie à cause de ces questions), elle pose le problème particulier des sites à retenir pour les centrales, car l'électricité qu'elle produit doit souvent être acheminée à partir de régions rurales et relativement reculées. A cet égard, la construction de grandes centrales hydro-électriques — dans la mesure où l'on y a recours — soulève les mêmes problèmes. Les pompes à chaleur permettent certes d'accroître désormais la rentabilité du

chauffage d'ambiance électrique, mais aux yeux des défenseurs de l'environnement, l'électricité ne doit être utilisée autant que possible qu'à des fins pour lesquelles on ne dispose d'aucun substitut énergétique plus rentable: l'éclairage, l'énergie motrice, les processus électrolytiques, etc. En revanche, les gouvernements soucieux de réduire leur dépendance vis-à-vis du pétrole sont portés à voir dans l'énergie nucléaire une source d'énergie primaire capable de remplacer les hydrocarbures.

Mais quelle contribution les sources d'énergie renouvelables peuvent-elles apporter à ce processus de remplacement du pétrole qui s'annonce pour les deux ou trois prochaines décennies? Certaines formes d'énergie solaire présentent, semble-t-il, l'intérêt d'être productibles et utilisables d'une manière décentralisée, de même que celui d'être relativement non polluantes, tandis que d'autres techniques, par exemple, celles auxquelles recourent les installations de grande envergure exploitant l'énergie des marées, des vagues et du vent, risquent d'avoir un impact considérable sur les environnements côtiers. De même, outre le fait que leur exploitation en est à un stade de mise au point peu avancé, de nombreuses formes d'énergie renouvelables ne constituent pas des sources d'approvisionnement garanties, de sorte qu'à moins de construire d'importantes installations de stockage, il faudra conserver une certaine capacité d'approvisionnement en combustibles classiques d'appoint, ce qui réduit leur attrait économique, voire mésologique, et ne laisse guère subsister que leur capacité d'économiser l'énergie. A long terme, les progrès technologiques seront peut-être de nature à résoudre le problème du stockage tout en offrant le moyen de remplacer le moteur à explosion.

On voit donc l'ampleur du défi énergétique que vont devoir relever au cours des vingt prochaines années les responsables de la politique de l'énergie et ceux qui cherchent à réduire le plus possible les effets de la mise en œuvre de cette politique sur l'environnement. Les défenseurs de l'environnement doivent admettre qu'il n'y a pas de solution simple ou optimale au problème des énergies de remplacement. Quant à nombre de gouvernements, force leur est de reconnaître la nécessité de contribuer davantage à la conservation de l'énergie en adoptant un rôle plus interventionniste. Du point de vue des dépenses publiques, une telle attitude peut s'avérer au moins aussi payante que les investissements consentis dans les capacités d'approvisionnement en énergie, et elle apportera de surcroît des avantages sociaux et mésologiques qui se feront sentir bien au-delà des vingt ou trente prochaines années. R.H.J.



Trente-six panneaux solaires de 2 m<sup>2</sup> chacun, placés sur la façade sud, assurent le chauffage de cet immeuble (Photo G. Teton)

## Capter le soleil...

Lucas Reijnders

La quantité d'énergie solaire qui parvient à la terre est très importante si on la compare à la consommation courante. On estime que l'afflux d'énergie solaire dans le monde est 10 000 fois supérieur à la consommation actuelle. Même dans les pays de climat tempéré, au ciel souvent nuageux, très peuplés et industrialisés, comme les Pays-Bas et la Belgique, l'afflux d'énergie solaire est encore 50 fois supérieur à la consommation. Ce chiffre peut être porté à 100 si le rendement en énergie est augmenté par la mise en œuvre des techniques de conservation de l'énergie disponibles.

L'énergie solaire est exploitable de différentes façons. Une utilisation passive nécessite des constructions qui permettent d'employer au mieux la chaleur solaire, par exemple en améliorant les fenêtres et les systèmes de ventilation et en se servant de matériaux calorifuges. Les méthodes d'exploitation active sont très diverses, et vont des collecteurs pour le chauffage des eaux domestiques, aux satellites « capteurs d'énergie » mis sur orbite autour de la Terre. Les principales technologies d'exploitation active de l'é-

nergie solaire sont fondées sur le chauffage de l'air, de l'eau ou de matériaux solides, la transformation photovoltaïque de l'énergie solaire en électricité, sa conversion en produits chimiques combustibles comme l'hydrogène et l'usage de biomasse.

Les impacts de l'exploitation de l'énergie solaire sur l'environnement dépendront d'une part, de la technologie choisie et, d'autre part, du degré de centralisation de cette exploitation.

Dans l'état actuel des connaissances, il y a lieu de penser que la comparaison entre les effets sur l'environnement de l'énergie nucléaire ou du recours aux combustibles fossiles, et ceux de la plupart des modes d'exploitation de l'énergie solaire, est très favorable à cette dernière. En outre, le nombre d'options existant en matière de technologies solaires permet une grande souplesse dans leur adaptation à l'environnement.

Une utilisation considérable de l'énergie solaire ne poserait aucun problème mésologique comparable aux influences potentiellement catastrophiques des technologies largement utilisées: contamina-

tion à long terme de grandes surfaces par des matériaux radioactifs, changements spectaculaires de climats et du niveau des mers dus au gaz carbonique ou acidification générale de l'environnement. Ceci ne veut pas dire que l'énergie solaire ne pose aucun problème.

### Effets sur l'environnement

L'une des principales difficultés serait probablement la concurrence dans l'utilisation des sols, surtout dans les zones très peuplées, entre les installations pour l'énergie solaire et d'autres activités qui demandent des terrains, dont la protection de la nature. Cette concurrence peut être diminuée localement par une conservation maximale de l'énergie et des technologies à taux élevé de conversion (30 à 50%), par exemple la cogénération solaire de chaleur et d'électricité. L'importation de substances chimiques combustibles, telles que l'hydrogène, produites dans des zones désertes et ensoleillées comme le Sahara et la péninsule arabe, peut également réduire l'opposition entre les installations d'exploitation de l'énergie solaire et la protection de la nature.

Une seconde difficulté pourrait être l'influence de l'énergie solaire sur certains aspects du climat, dont la pluviosité et la température ambiante. Il y a lieu de noter, toutefois, que ces effets sont négligea-

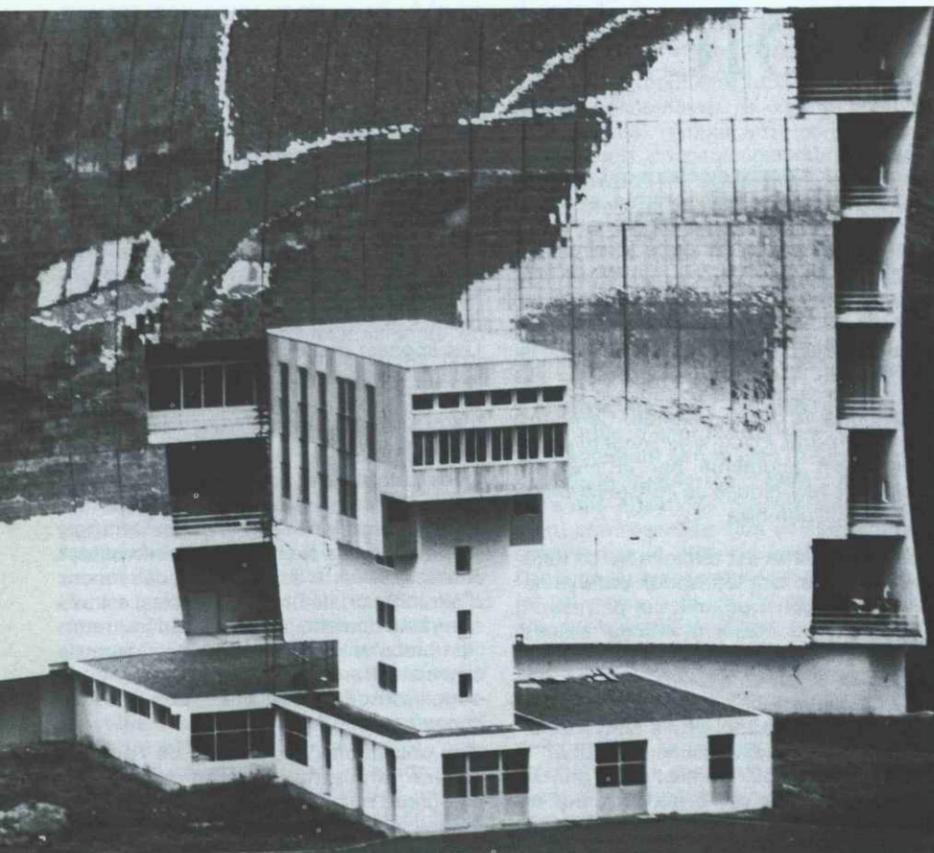
bles, comparés à ceux des technologies couramment employées pour la production d'énergie. En outre, on peut lutter contre les incidences négatives en décentralisant l'exploitation d'énergie solaire et en choisissant les techniques appropriées (refroidissement sans humidité, par exemple).

Un troisième sujet de préoccupation est l'élimination éventuelle de matières polluantes, notamment dans le cas d'une exploitation de la biomasse. On sait fort bien, par exemple, que la combustion de bois est un moyen relativement polluant d'obtenir de l'énergie. Là encore, il existe des technologies qui permettent d'exploiter la biomasse sans pollution trop importante, en particulier la conversion de biomasse en méthane (« biogaz ») et en méthanol, toutes les substances inutilisées servant d'engrais.

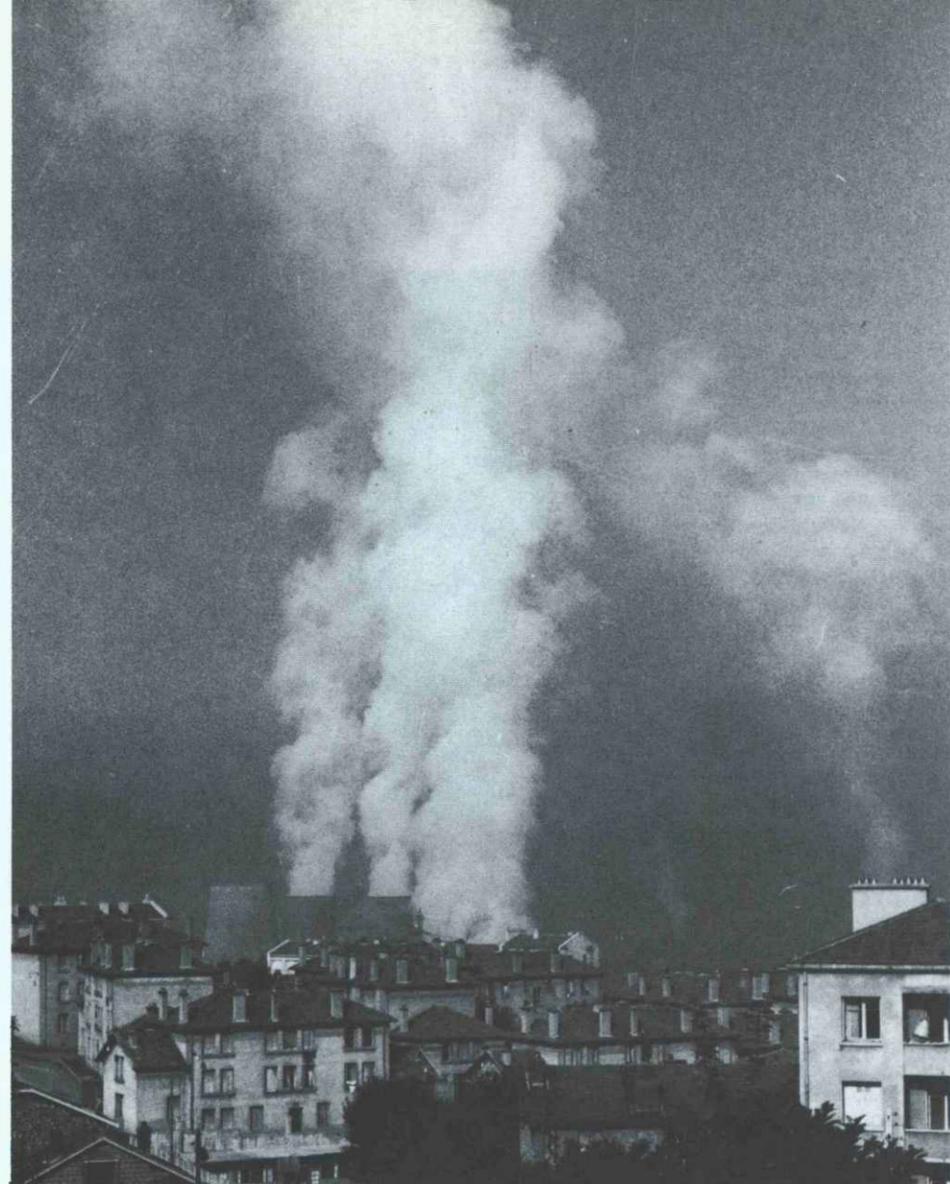
Un dernier problème pourrait être posé par l'influence des matériaux utilisés sur l'exploitation des ressources, exploitation qui produit à son tour des effets sur l'environnement. On peut s'attendre à ce qu'une utilisation étendue de l'énergie solaire entraîne une demande considérable en fer, silicium et matériaux de construction comme le béton. Pourtant, même avec une implantation rapide de l'énergie solaire — qui aboutirait à une société mondiale solaire à 100% dans cinquante ans, en maintenant les taux actuels de

consommation — la demande n'excéderait sans doute pas 10% de la production actuelle de la planète pour les substances en question.

Ces éléments donnent à penser que l'influence de l'énergie solaire sur l'exploitation des ressources sera, en fait, marginale. Le passage à une société dans laquelle un pourcentage élevé des produits serait recyclé pourrait diminuer encore les conséquences de la transition vers l'énergie solaire. L.R.



Four solaire construit dans les Pyrénées (France) pour développer les recherches sur l'énergie solaire. C'est l'appareil de ce type le plus puissant du monde (puissance: 1 000 kW thermiques, température au centre: 3 600°C)  
(Photo J.-Ch. Spindler - Pluriel)



(Photo MECV - SI)

## La qualité de l'air

André Berger

Le besoin énergétique est certes une fonction de la population et du développement social. Il n'en est pas moins vrai cependant que climat, temps, énergie et société interagissent de façon complexe. Malgré une technologie qui ne cesse de s'accroître, l'homme dépend et dépendra toujours dans une large mesure du climat. La production alimentaire et énergétique, les ressources en eau, la santé et les loisirs notamment, sont étroitement liés non seulement au temps et au climat, mais aussi à leur variabilité.

### Influence locale et régionale de l'homme sur le climat

L'homme ne fait pas que subir la loi du climat. Sa contribution relative à la pollution globale de l'environnement devient en effet de plus en plus significative. Ainsi, les conséquences atmosphériques du développement industriel et économique depuis le début de la révolution industrielle suggèrent fortement que l'homme devient progressivement mais sûrement

un élément important du système climatique.

Il est évident que ceux qui se préoccupent des changements de l'environnement doivent déjà prendre note de l'effet des activités humaines causé par exemple, à l'échelle locale, par les centrales énergétiques et leurs tours de refroidissement et, à l'échelle régionale, par les grandes agglomérations urbaines et les complexes industriels. Ainsi, l'anhydride sulfureux et les aérosols, résultant de la combustion de produits à haute teneur en soufre, sont

devenus les éléments principaux de la pollution atmosphérique. Leur influence sur l'augmentation des précipitations, couplée à celles des poussières émises par les aciéries et les échappements des moteurs alimentés par des carburants contenant du plomb, a été clairement démontrée, sans parler des conséquences écologiques et pathologiques, dont l'importance sur le plan pratique immédiat dépasse de beaucoup les répercussions sur le climat régional.

### Interactions énergie/climat à l'échelle du monde

À l'échelle globale, le problème est plus complexe et nous ne possédons aucune preuve convaincante qu'un changement climatique ait déjà été provoqué par des activités humaines. Toutefois, il semble que cela ne soit plus qu'une question de temps et ce, à cause principalement du rôle joué par l'homme dans la libération directe de chaleur dans l'air et dans la modification irréversible de la couverture du sol et de la composition de l'atmosphère. Ces facteurs, qui changent le bilan thermique du système climatique, sont associés à toute production ou conversion d'énergie non seulement par les méthodes conventionnelles, mais aussi par les méthodes d'avenir, telles que la liquéfaction ou gazéification du charbon, la fusion ou fission nucléaire et l'utilisation directe ou indirecte de l'énergie solaire. Par conséquent, il est aisé de comprendre combien l'impact des activités humaines sur le climat et le développement énergétique mondial sont interconnectés.

Actuellement, la population du globe augmente environ de 2% par an, et sa consommation énergétique moyenne de 5% par an. Toutefois, il est clair que cet accroissement exponentiel ne peut se poursuivre indéfiniment. La question est donc de savoir quelles seront les limites de cette croissance et quelles échelles de temps il faut considérer. Des hypothèses réalistes montrent que le développement de l'humanité se poursuivra durant les prochaines décennies, suivant un taux de croissance qui ne diminuera que très peu mais plafonnera dans un siècle environ. Si on suppose que d'ici à 2050 la population se sera stabilisée vers 10 milliards d'habitants requérant une consommation énergétique moyenne de 5 kW par habitant, les responsables de la planification doivent dès à présent prévoir des ressources en énergie qui permettront de couvrir une demande de quelque 50 TW. La question est donc de savoir quelles énergies seront utilisées pour remplir ce contrat et quels seront les impacts sur le climat du siècle à venir. Pour réaliser une telle étude prospective, différents scénarios sont utilisés où aucune variation naturelle du climat n'est prise en considération et où la pollution climatique est es-



sentiellement due à l'anhydride carbonique (CO<sup>2</sup>).

Trois types de modèles sont donc indispensables: un pour prévoir la demande énergétique mondiale, un pour décrire le cycle du carbone et un pour estimer les changements de température ( $\Delta T$ ) et de précipitations provoqués par l'augmentation du CO<sup>2</sup> dans l'atmosphère et par l'effet de serre subséquent. Deux scénarios extrêmes sont proposés. Une stratégie de 50 TW fournis exclusivement par le charbon, le pétrole et le gaz conduirait à une augmentation de la température moyenne de l'air en surface de quelque 4 à 5° vers 2050, ce qui indubitablement modifierait profondément le schéma climatique actuel; la même demande énergétique suppléée presque entièrement par le solaire et le nucléaire conduirait à  $\Delta T \approx 0,5^\circ\text{C}$  seulement.

Il faut toutefois rappeler que les modèles climatiques sont incomplets et qu'ils négligent un certain nombre de facteurs dont l'importance peut être grande, telles les interactions atmosphère/océans et la réaction des masses glaciaires et nua-geuses. De plus, le CO<sup>2</sup> n'est pas le seul résidu des activités humaines qui in-

fluence le climat. Citons encore les fréons utilisés dans les bombes d'aérosols et dans les systèmes de réfrigération; le méthane, l'ammoniac et les oxydes d'azote, résidus de la production des engrais artificiels; les poussières industrielles et issues de l'urbanisation et des pratiques agricoles, telles que le pacage, le surpâturage, l'essartage et le déboisement; les changements dans la concentration de l'ozone stratosphérique et dans la nature de la couverture du sol. Toutes ces perturbations anthropogéniques à l'exception de l'augmentation de l'albédo terrestre, renforcent le réchauffement dû au seul CO<sup>2</sup>. Il en résulte donc une estimation raisonnable globale de  $\Delta T$  de l'ordre de 0,5°C vers l'an 2000 et de 3°C d'ici 2050, pour autant qu'aucun phénomène naturel, tel que l'activité volcanique par exemple, ne vienne contrecarrer ce réchauffement.

Cependant cet impact climatique est loin d'être homogène sur terre: certaines régions hypersensibles, telles les hautes latitudes polaires, se réchaufferont plus que d'autres et il pourra même se produire un refroidissement en certains endroits. Le régime des précipitations sera sujet aux mêmes réactions complexes. En fait, la simulation de la circulation géné-

*A l'heure présente, la population de 4 milliards d'habitants consomme une énergie totale de 8 TW (8 x 10<sup>12</sup> watts). Le standard européen est de 5 kW/habitant, mais la majeure partie des pays (environ 40 %) consomme moins de 0,5 kW/habitant (Photo Conseil de l'Europe)*



rale d'une atmosphère enrichie en CO<sup>2</sup> conduit aux conclusions suivantes:

1. un déplacement vers le nord des zones climatiques polaires et tempérées, avec en particulier une augmentation de l'aridité dans les latitudes 34 à 45°N, les dépressions associées au front polaire n'atteignant plus que rarement ces régions;
2. une plus grande humidité le long des côtes orientales des continents subtropicaux;
3. une réduction du gradient nord-sud de température dans la basse troposphère, à cause de la diminution de la couverture de neige dans les régions polaires et de l'augmentation du flux de vapeur d'eau vers le pôle, flux qui serait d'ailleurs directement responsable de l'accroissement considérable des précipitations aux hautes latitudes.

### Conséquences d'un réchauffement de l'atmosphère

Malgré les réserves émises plus haut et vu la concordance unanime des résultats obtenus à partir des modèles de complexité différente, il semble urgent de se pencher sur les conséquences potentielles d'un tel réchauffement. Les modèles, bien que sommaires, montrent qu'il faudrait un réchauffement considérable pour faire disparaître la banquise arctique mais que, une fois fondue, l'océan Arctique aurait

tendance à rester dégagé pour autant que le niveau des mers ne subisse aucun changement important. Ce dernier pourrait, en effet, s'élever de 80 m si les deux grandes calottes glaciaires — Groenland et Antarctique — venaient à disparaître. Une telle catastrophe est totalement impossible au cours des prochaines décennies, car l'histoire montre que le temps de réponse de ces calottes aux changements climatiques est de plusieurs milliers d'années, bien plus que l'échelle de temps des interactions énergie/climat dont il est question ici. Néanmoins, bien que le problème reste très controversé, le réchauffement dû au CO<sup>2</sup> pourrait éventuellement induire une instabilité dans la partie occidentale de la calotte antarctique dont la situation des bords, en partie en dessous du niveau de l'océan, pourrait être à l'origine de la fonte rapide de celle-ci. Cette fonte entraînerait un relèvement du niveau moyen des océans de quelque 5 m, avec les conséquences énormes que l'on devine pour toutes les zones côtières et portuaires du monde.

La production alimentaire dépend dans une large mesure de l'adaptabilité des espèces agricoles au climat et au sol. D'une part donc, toute modification climatique posera un problème sérieux, car cette combinaison optimale climat/sol serait perdue. D'autre part, on peut estimer, très approximativement, qu'une élévation de 1°C de la température estivale moyenne prolongerait d'une dizaine de jours la période de croissance. Vu la diversification géographique de l'impact du CO<sup>2</sup>, certains greniers à blé risquent d'être affectés très sérieusement sans qu'une solution de rechange puisse être trouvée dans les délais impartis. Tel serait le cas notamment des grandes plaines du Sud et du Centre-Ouest des Etats-Unis, et de telles conséquences doivent être analysées avec le plus grand sérieux sans tarder.

### Conclusions

En fait, nous sommes placés devant un dilemme: à cause de notre connaissance limitée du système climatique, nous ne pouvons pas faire de recommandations définitives quant aux diverses stratégies énergétiques à utiliser en vue d'une réduction certaine du risque climatique qu'elles nous font courir. D'autre part, l'inertie du système climatique et les temps nécessaires pour passer d'une stratégie à l'autre sont tels que, si risque il y a, les mesures préventives doivent être prises dès à présent.

Devant cette situation critique, il faut recommander que des études soient poursuivies afin d'augmenter la fiabilité de nos modèles dans les domaines d'incertitude actuelle et que, parallèlement, des mesures sérieuses soient prises pour réduire notre dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles principalement. Cette double

tactique devrait réduire le risque global et nous donner le temps d'envisager sereinement toute transition vers des énergies alternatives.

Une concertation organisée s'avère urgente et indispensable. De toute façon, un effort sérieux de modération sera très probablement demandé à tous les pays, afin de tempérer, voire de prévenir, l'augmentation énergétique inévitable (et ses conséquences climatiques) qui sera due à l'explosion démographique et à l'expansion économique, principalement des pays actuellement en voie de développement.

Plus préoccupés d'un bien-être immédiatement disponible, nous avons ignoré jusqu'ici la synthèse, il est temps à présent d'envisager notre action globale dans un système à l'échelle de la terre. C'est à nous de choisir, à moins que nous ne préférerions attendre, avec les risques que cela comporte, que la nature décide pour nous. A.B.

L'énergie nucléaire est une source d'énergie qu'il n'est pas facile de définir. Elle n'entre pas dans les énergies dites nouvelles parce que son emploi à des usages pacifiques est depuis longtemps une réalité. Pourtant, on ne peut pas non plus la considérer comme une source d'énergie «classique» à cause des diverses difficultés qu'elle rencontre partout pour s'affirmer.

### Les réserves disponibles

Cette énergie repose sur l'uranium dont les réserves se montent aujourd'hui à environ 2,6 millions de tonnes. Ces réserves sont considérées comme «raisonnablement assurées» parce qu'elles se trouvent dans des gisements connus et peuvent être extractibles à un coût inférieur à 130 dollars/kg.

En ce qui concerne la répartition géographique des quantités d'uranium, on constate que l'Europe occidentale en possède une proportion importante: 16,3% du total mondial, contre 12,4% pour le charbon, 5,1% pour le gaz naturel et 3,7% pour le pétrole. L'Europe occidentale et l'Amérique du Nord possèdent ensemble près de 53% des réserves d'uranium, si bien que dans ce domaine elles occupent une place proche de celle que l'OPEP occupe en matière de pétrole (67% des réserves de brut).

D'autre part, à côté des réserves «raisonnablement assurées», il faut considérer les réserves «supplémentaires estimées», dont on suppose l'existence et dont on estime les dimensions en se fondant principalement sur la connaissance des caractéristiques des gisements. Les estimations relatives à cette catégorie portent à 2,5 millions de tonnes de plus la quantité d'uranium récupérable, toujours à un coût inférieur à 130 dollars/kg.

Enfin, il y a lieu de considérer une troisième catégorie de ressources d'uranium, celles qu'on appelle «spéculatives», dont on admet l'existence d'après des indications indirectes et des extrapolations géologiques dans des gisements pouvant être découverts et exploités avec les techniques d'aujourd'hui. Ces ressources, dont il n'est pas encore possible de donner le coût de production, se monteraient à 10-22 millions de tonnes d'uranium.

Cependant, les activités de recherche d'uranium sont relativement récentes et l'incertitude de la demande n'a jamais stimulé une activité intense de recherche et de prospection. Aussi, surtout lorsque le besoin s'en fera sentir sur le marché, il y a lieu de penser qu'un nouvel effort de recherche pourra renforcer chacune des trois catégories citées.

En dehors de ces perspectives d'augmentation des réserves d'uranium disponibles, un effort s'accomplit depuis longtemps, y compris dans le domaine de la technologie d'application, pour accroître le potentiel énergétique des réserves déjà découvertes. Il est certain cependant que



Vue intérieure d'un réacteur nucléaire

# L'enjeu nucléaire

Paolo Venditti

le rôle de cette source nucléaire est encore modeste aujourd'hui, malgré l'effort déjà accompli dans ce domaine et malgré les prévisions ambitieuses des programmes de pénétration de cette énergie dans la production électrique.

### Des difficultés

L'augmentation de la part de l'énergie nucléaire dans la couverture des besoins

d'énergie se heurte à des difficultés dans la plupart des pays, bien que l'énergie nucléaire soit compétitive sur le plan économique et bien au point sur le plan industriel pour la production électrique dans les réacteurs thermiques éprouvés. La complexité croissante des centrales nucléaires, surtout face aux critères de plus en plus stricts de sécurité et à l'allongement sensible des délais de réalisation provoqué par des procédures de plus en

plus sévères, dues essentiellement à la pression d'une opinion publique plus vigilante et plus sensible à l'impact socio-économique des activités industrielles, a beaucoup augmenté le coût du kWh d'énergie d'origine nucléaire et annulé en partie l'avantage acquis par l'énergie nucléaire par rapport à la production d'énergie avec des hydrocarbures combustibles et, de façon plus modérée, avec le charbon.

La sécurité des centrales nucléaires, l'élimination des déchets radioactifs, la non-prolifération, voilà des thèmes qui alimentent de vives discussions dans de nombreux pays et qui, dans la plupart des cas, s'opposent à des projections raisonnables sur les possibilités d'un développement de l'énergie nucléaire. La situation politique et économique, l'état des structures, les équilibres sociaux, les servitudes énergétiques, la puissance technologique sont des éléments qui, dans chaque pays, concourent à orienter ce débat et à accélérer ou à différer les choix.

En matière de sécurité nucléaire, l'incident qui s'est produit en mars 1979 à la centrale américaine de Three Mile Island montre, avec le recul du temps, la nécessité de considérer avec le plus grand soin à la fois les aspects techniques de l'élaboration et de la construction d'une centrale et le facteur humain qui prend une grande

tude de certaines formations géologiques, par exemple argileuses, à emmagasiner presque indéfiniment les résidus ainsi obtenus.

On est maintenant en train de comparer les solutions techniques disponibles, notamment à l'échelon international, pour choisir les meilleures en matière de sécurité et d'économie. Le temps ne manque pas pour ce processus d'optimisation, car de toute façon, après le retraitement du combustible irradié, les résidus doivent «reposer» pendant plusieurs années avant de pouvoir être traités en vue de leur élimination définitive.

### La non-prolifération

En ce qui concerne la non-prolifération, un traité spécial connu sous le nom de Traité de non-prolifération (TNP) conclu en 1968, a constitué au niveau international le premier instrument permettant d'empêcher la «prolifération horizontale», c'est-à-dire l'augmentation du nombre des pays capables de se doter d'un armement nucléaire.

La montée des critiques relatives à l'efficacité du TNP ont donné lieu à plusieurs initiatives qui se sont traduites par des accords entre les principaux pays exportateurs (ententes de Londres conclues en 1978) ou par des initiatives unilatérales de

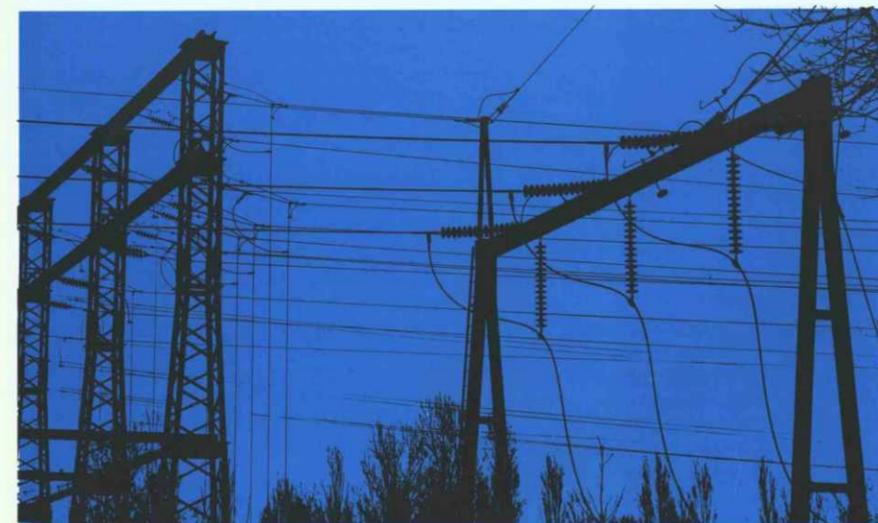
afin, d'une part, d'évaluer les cycles combustibles nucléaires qui pourraient être moins proliférants que ceux communément adoptés et, d'autre part, de définir les mesures à prendre au niveau national et international pour ramener au minimum les dangers inhérents à la prolifération nucléaire, sans toutefois compromettre l'approvisionnement énergétique et le développement des usages pacifiques de l'énergie nucléaire.

Après deux ans de travaux auxquels ont participé soixante-six pays et cinq organisations internationales, les chercheurs de l'INFCE sont parvenus en février 1980 à cette conclusion essentielle qu'il n'y a pas de moyen technique et par conséquent qu'il n'y a pas de cycle combustible capable d'éliminer les risques de prolifération et qu'aucune stratégie du combustible ne peut empêcher la réalisation d'engins nucléaires.

Par conséquent, comme le problème de la prolifération nucléaire est de nature essentiellement politique et non technique, il importe de maintenir et de rendre de plus en plus efficaces les mécanismes de contrôle et de sauvegarde déjà en place et reproductibles en vertu du Traité de non-prolifération nucléaire et des ententes conclues à Londres entre les pays exportateurs, sans négliger la possibilité d'un conflit entre la prolifération à usage pacifique et la prolifération à usage militaire, qui doit être réglé par des moyens politiques. En particulier, l'INFCE a montré qu'il n'y a aucun motif sérieux de bloquer la route au retraitement et aux réacteurs rapides et c'est dans cet esprit qu'elle a envisagé le dépassement de la position initialement prise par certains pays importants (Etats-Unis, Canada). Cette conclusion accroît l'intérêt de l'uranium qui devient de loin la source d'énergie la plus importante du monde.

Les résultats de l'INFCE, adoptés par les chefs d'Etat et de gouvernement à l'issue du sommet de Venise en juin 1979, constituent l'assise qui devrait permettre aux Etats de s'entendre sur les problèmes de prolifération en réévaluant les accords internationaux touchant aux contrôles, ce qui lèverait l'un des principaux obstacles au développement de l'énergie nucléaire pacifique.

Compte tenu de toutes les difficultés énoncées précédemment, les prévisions sur le rôle de l'énergie nucléaire ne doivent pas dépasser le court terme (1990) si bien que, sauf exceptions, cette source d'énergie restera assez marginale. P.V.



(Photo D. Chibois)

importance à une époque d'automatisme poussé.

L'élimination des déchets radioactifs a déjà reçu des solutions valables sur le plan technique. On connaît depuis longtemps des processus de vitrification qui permettent de ramener à des dimensions extrêmement faibles les résidus hautement radioactifs provenant du traitement du combustible émis par les centrales nucléaires. En outre, on a découvert l'apti-

certaines pays (en particulier la loi de non-prolifération adoptée par les Italiens en 1978), en vue de limiter le transfert de matériaux, d'outillage et de technologie nucléaires. Dans un climat caractérisé par une perte de crédit des systèmes internationaux de contrôle et par la recrudescence de l'intervention directe et unilatérale des pays fournisseurs, les Etats-Unis ont lancé en 1977 l'étude INFCE (*International Fuel Cycle Evaluation Program*)

# Hydrogène, promesse du futur?

Bragi Arnason

A l'exception de la tourbe et de petites quantités de lignite, l'Islande ne possède pas de sources d'énergie fossile. Par ailleurs, elle est relativement riche en hydroélectricité et en énergie géothermique. Seuls 10% du potentiel d'hydroélectricité et 5% de l'énergie géothermique dont dispose le pays, ont été utilisés jusqu'à présent. En dépit de cela, l'Islande importe du pétrole et de l'essence pour un montant équivalent à peu près à 50% de la consommation énergétique totale du pays. Manifestement, les sources d'énergie disponibles suffiront à satisfaire la demande énergétique de la nation pendant longtemps. Mais on a déjà commencé à étudier dans quelle mesure il pourrait être possible à l'Islande de remplacer les importations actuelles de combustibles par l'hydroélectricité ou la chaleur géothermique. Dans certains cas, l'énergie disponible dans le pays peut remplacer directement les combustibles importés. Dans les cas où il n'est pas possible de remplacer ces combustibles, les ressources propres à l'Islande pourraient jouer un rôle dans la production de combustibles synthétiques.

## Le méthanol ou l'essence synthétique : une solution à court terme

Pour le proche avenir, la production de méthanol est probablement la solution la plus commode au problème de combustible de l'Islande. Le méthanol pourrait être alors utilisé directement ou être converti en essence à haut indice d'octane. Toutefois, si l'on considère un avenir plus éloigné, l'hydrogène sera probablement le combustible le plus approprié.

Le méthanol comprend des éléments de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. En Islande on pourrait facilement obtenir de l'hydrogène et de l'oxygène en électrolysant l'eau. Obtenir du carbone pourrait être un peu plus difficile. Les principales sources de carbone dont dispose le pays sont l'acide carbonique (provenant de l'océan, de l'atmosphère ou des dépôts de coquillages), le monoxyde de carbone provenant des gaz des déchets industriels et la tourbe.

En l'état actuel des connaissances, la tourbe semble être la plus intéressante

source de carbone disponible en Islande. Les premières études déjà effectuées sur la qualité et la quantité des tourbières indiquent que l'Islande pourrait posséder suffisamment de tourbe pour produire des combustibles synthétiques qui couvriraient la demande de la nation pendant longtemps.

Quelques études préliminaires de viabilité concernant le coût de production du méthanol et de l'essence en utilisant la tourbe comme source de carbone ont déjà été effectuées. Dans ces études, on suppose que l'on sèche la tourbe grâce à la chaleur de l'eau géothermique et qu'on la fait ensuite réagir avec l'hydrogène et l'oxygène électrolytiques, afin de produire du méthanol. Ce méthanol serait alors transformé en essence à haut indice d'octane.

## L'hydrogène : énergie propre abondante

Au lieu de combiner l'hydrogène et le carbone pour produire des combustibles synthétiques liquides, on a également la possibilité d'utiliser l'hydrogène lui-même comme combustible. En fait, l'hydrogène est un combustible ou porteur d'énergie très intéressant et l'on a des raisons de croire qu'il deviendra un des principaux combustibles de l'humanité dans l'avenir.

La seule matière première requise pour produire de l'hydrogène est l'eau, et presque toute source d'énergie primaire disponible peut être utilisée pour sa production. L'hydrogène est un combustible propre. Lorsqu'il brûle, il ne produit que de l'eau. Les problèmes actuels de pollution en augmentation rapide du fait de l'utilisation mondiale grandissante de combustibles carbonés disparaîtraient donc si l'on employait de l'hydrogène.

Dans les industries à forte consommation d'énergie où l'on utilise du pétrole ou du gaz naturel pour produire de la chaleur de traitement, le passage à l'hydrogène en tant que combustible serait assez peu compliqué. L'hydrogène peut être brûlé dans presque n'importe quel type de moteur mécanique actuellement alimenté par des combustibles fossiles. C'est un excellent combustible pour les moteurs à réaction, et il peut également être utilisé pour les moteurs à essence des voitures.

En tant que combustible à haut indice d'octane, l'hydrogène ne brûlera dans les moteurs diesel que si l'on apporte quelques modifications au moteur lui-même. Toutefois, des recherches sont actuellement en cours dans divers pays, et les résultats déjà obtenus sont prometteurs.

En dépit du fait que l'emploi de l'hydrogène comme combustible semble prometteur, divers problèmes restent encore à résoudre dont le plus important paraît être celui de son stockage et de son transport.

En raison de ses propriétés physiques, l'hydrogène exige des techniques de stockage et de transport très différentes de celles utilisées pour les combustibles fossiles liquides. A la température ambiante, l'hydrogène doit être stocké et transporté sous forme de gaz ou lié dans des hydrures de métal ou encore sous forme d'ammoniac liquide. Il peut également être stocké et transporté sous forme de liquide à de très basses températures ( $-253^{\circ}\text{C}$ ).

Les techniques nécessaires pour stocker ou transporter l'hydrogène sous ces deux états sont déjà connues et ont été utilisées sur une petite, voire une moyenne échelle. Il n'y a probablement pas de difficulté majeure à utiliser ces techniques sur une échelle suffisamment vaste pour que l'hydrogène devienne un des principaux combustibles de l'humanité. Toutefois, la technique est encore au stade du développement et trop onéreuse par rapport à celle employée pour stocker les combustibles carbonés liquides. Cela prendrait également beaucoup de temps à un pays de passer de l'actuel système de distribution de l'énergie à un système entièrement différent.

Il est donc peu probable que l'hydrogène soit un des principaux combustibles du monde avant le siècle prochain. Toutefois, il est possible qu'en raison de l'intérêt toujours grandissant porté aux recherches sur l'hydrogène, l'hydrogène en tant que combustible puisse faire sa percée un peu plus tôt que prévu, notamment dans des pays tels que l'Islande qui dispose des moyens de produire un hydrogène relativement peu onéreux. En fait, il n'y a aucun doute que le combustible le plus simple et le meilleur marché qui puisse être produit en Islande, est l'hydrogène. Le coût généralement élevé de la distribution et du stockage de l'hydrogène pourrait rendre celui-ci plus onéreux à utiliser que le pétrole. Toutefois, ce coût pourrait bien être compensé par le fait que, lorsque les moteurs à combustion interne sont alimentés à l'hydrogène, on a constaté que l'efficacité du combustible peut être jusqu'à 50% supérieure à celle des mêmes moteurs alimentés au pétrole ou à l'essence. B.A.



(Photo A. Kaiser - Pluriel)

## La crise énergétique

Hans J. de Koster

### chance ou catastrophe pour la société européenne?

C'est une généralité de dire que l'énergie est l'une des choses au monde la moins bien partagée. Le degré de dépendance énergétique de la majorité des pays européens les met dans une position d'extrême sensibilité sur le plan politique, économique et social. 54% de la consommation énergétique européenne sont assurés par des importations dont les trois quarts sont constitués de pétrole provenant pour les neuf dixièmes des pays membres de l'OPEP. Il est essentiel de diminuer la part faite au pétrole pour assurer une stabilité dans l'approvisionnement, en raison de :

- son prix ;
- la limitation des réserves ;
- la dépendance des nations qui ne possèdent pas sur leur territoire de gisements de pétrole.

Ainsi, les grands principes dont doit s'inspirer toute politique énergétique européenne sont :

- la sécurité de l'approvisionnement ;
- l'approvisionnement au meilleur coût ;
- la progressivité harmonieuse des énergies de substitution ;

- la stabilité à long terme de l'approvisionnement ;
- le libre choix du consommateur ;
- l'harmonisation des politiques énergétiques des pays européens.

La crise énergétique actuelle accentue les inégalités dans le monde. Elle crée des nouveaux riches, ceux qui disposent du pétrole, et notamment les pays du golfe Persique. Elle confirme les nantis dans leur richesse, qui sont les pays gros consommateurs, producteurs et possesseurs d'importantes réserves, tels que les Etats-Unis et l'URSS. Elle traumatise les pays industrialisés qui voient les guetter la disette en énergie et la crise économique, financière et sociale. Elle confirme et accentue l'enlisement des pauvres dans leur pauvreté, pays pour lesquels l'absence de ressources énergétiques ne fait que multiplier les problèmes posés par le manque de ressources.

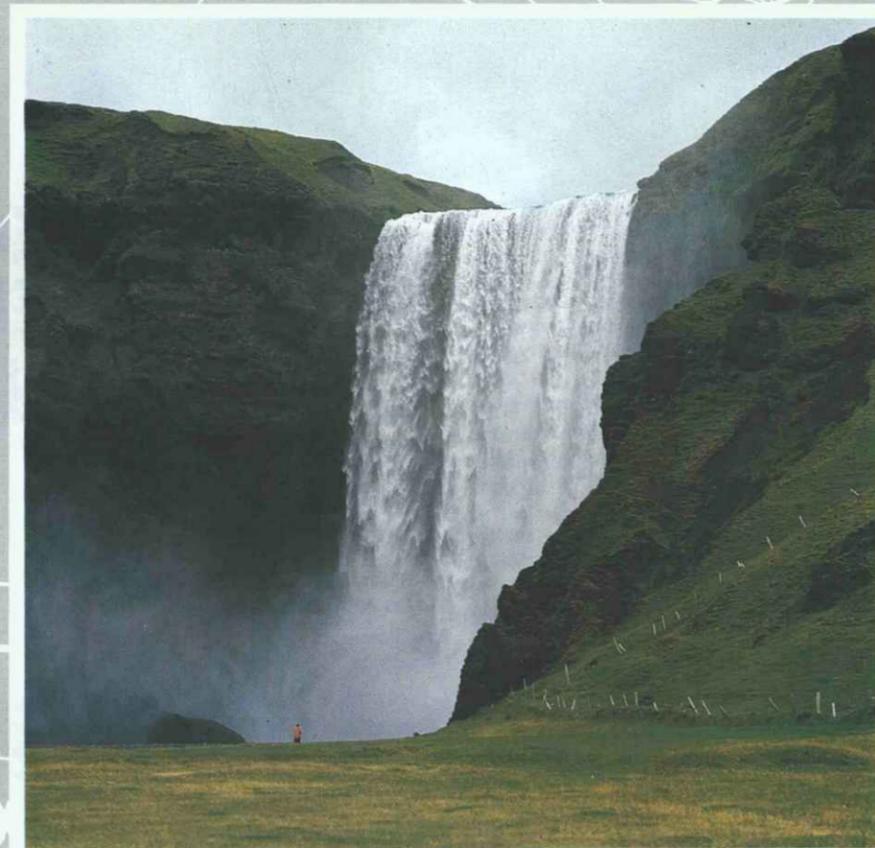
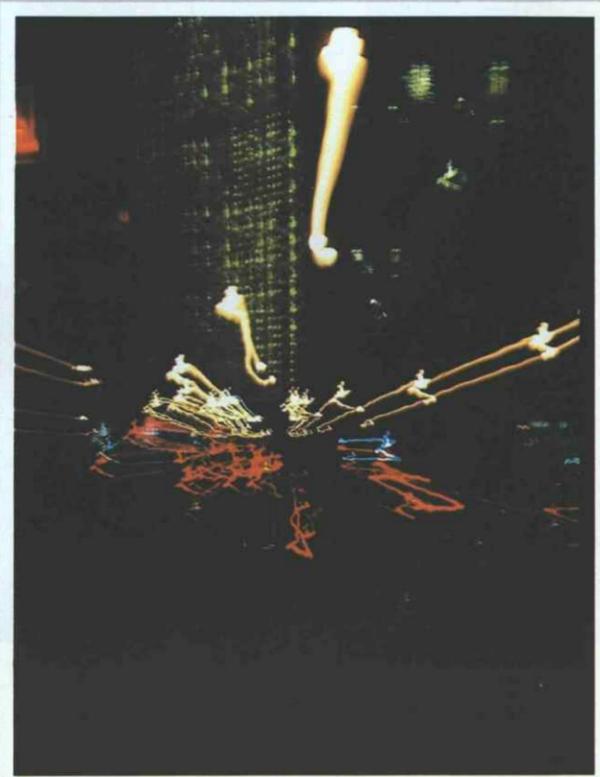
Cependant, cette crise cyclique, si elle était contrôlée et abordée dans un esprit de solidarité en Europe, pourrait permettre de repenser les finalités de notre société de consommation. Les nouveaux paramètres que sont la nécessité de dimi-

nuer notre consommation en énergie, la nécessité de réduire le temps de travail et la mise en œuvre de nouveaux moyens d'information tels que la télématique, pourraient permettre de définir une nouvelle société basée sur une plus grande place faite à l'individu et au respect des équilibres naturels.

L'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe a consacré de nombreux débats à ces problèmes de la crise énergétique en Europe. Un colloque a été organisé en novembre 1977 sur le thème «Energie et environnement». Ce colloque a donné lieu à une recommandation au Comité des Ministres présentée par la commission de la science et de la technologie, et adoptée à l'unanimité par l'Assemblée, qui préconise une approche européenne pour promouvoir les énergies de substitution, pour développer de façon cohérente et prudente les centrales nucléaires et pour envisager des recherches sur les nouveaux moyens de transport.

L'Assemblée a, d'autre part, pris l'initiative de convoquer un colloque sur le problème «Energie — Formation» qui a eu lieu à Paris au Conservatoire national des

*énergie, jusqu'où?*



arts et métiers en octobre 1979. Il a conduit à l'adoption d'une directive qui énonce une série d'actions pour informer le public et les décideurs politiques des problèmes et solutions énergétiques. C'est ainsi qu'une audition parlementaire européenne publique a été organisée à Bruxelles en décembre 1979, sur «Les surrégénérateurs: aspects économiques et sûreté».

L'Assemblée a également adopté une recommandation qui prévoit, sur la base d'un inventaire des actions existant sur le plan national et international, de mettre en place des cycles intensifs de formation dans le secteur énergétique.

Déjà un cours européen sur «La production d'énergie par fermentation anaérobie des biomasses en méthane» a eu lieu en décembre 1980 à Dijon. Il a été réalisé en coopération interuniversitaire européenne dans le cadre du programme de la Conférence régulière sur les problèmes universitaires.

Pour 1981, des propositions de cours intensifs européens ont été faites dans les domaines suivants:

— «Economie d'énergie et habitat», en coopération avec l'Agence internationale de l'énergie et éventuellement la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (Genève);

— «Energie et électronique», en septembre 1981 à l'Université de Reading (Royaume-Uni);

— «Matériaux inorganiques pour la conversion et le stockage d'énergie» (proposition française);

— «Utilisation des systèmes photosynthétiques des plantes ou des modèles équivalents pour la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique et électrique» (proposition du Royaume-Uni et de la France);

— «Energie et économie» (rôle — politique — planification).

Par ailleurs, des colloques spécialisés ont été organisés:

a. Du 14 au 19 octobre 1979 a été organisé sous les auspices de l'Assemblée parlementaire, un Colloque international sur la valorisation énergétique des déchets. Par la suite, le maire de Rome a décidé d'organiser conjointement avec l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe et la Fédération mondiale des villes jumelées, une conférence du 10 au 14 mars 1981 à

Rome, réunissant les responsables des municipalités des grandes villes (Rome, Londres, Paris, Vienne, etc.), et ayant pour objet de comparer les mesures prises concernant le problème de l'élimination des déchets et leur valorisation énergétique;

b. Du 29 au 31 octobre 1980 ont eu lieu à Strasbourg les Journées européennes de bio-énergie au cours desquelles ont été étudiés:

— le problème de l'autonomie énergétique des stations d'épuration et la valorisation des eaux usées;

— l'impact sur l'environnement des cultures énergétiques;

— l'évaluation de l'enquête sur les déchets de l'agglomération de Colmar;

c. Du 12 au 16 mai 1980 s'est tenue au Portugal une conférence patronnée par l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe sur le problème de l'énergie solaire et l'habitat.

Il convient de rappeler dans ce contexte les déclarations de M. Raymond Barre, Premier ministre du Gouvernement français, en septembre 1980 devant l'Assemblée parlementaire du Conseil de l'Europe: «La voie à suivre est dictée par les contraintes qui nous assaillent. L'Europe doit tout d'abord diminuer sa dépendance à l'égard des hydrocarbures. La France, pour sa part, s'est fixé pour 1990 l'objectif de réduire au tiers de ses besoins en énergie son recours au pétrole. C'est une stratégie énergétique originale qui doit être suivie sans défaillance par tous les Européens. Elle doit comporter des économies d'énergie, le développement nucléaire, du charbon, du gaz ainsi que la recherche, la découverte et l'exploitation de sources

d'énergie entièrement nouvelles. A cet égard, toute hésitation ou tout retard d'un pays européen, non seulement compromet son propre avenir, mais affecte aussi celui de ses partenaires.»

Je suis de ceux qui pensent en effet que la situation de crise dans laquelle se trouve l'Europe devrait renforcer la coopération et l'unité européennes. Tous les pays européens devraient se concerter pour mettre en œuvre en commun une politique énergétique européenne. Les organisations internationales européennes doivent conjuguer leurs efforts pour faciliter l'amorce des solutions positives à cette crise énergétique. Je souhaite pour ma part que le Conseil de l'Europe prenne des initiatives pour agir en Europe sur trois niveaux, information, formation et réglementation:

1. Information du public et des décideurs quant aux différentes sources d'énergie alternatives et aux différentes formes d'économies d'énergie;

2. Formation: en mettant en œuvre dans le cadre de son programme de travail universitaire, des actions de formation de spécialistes et de techniciens, dans des secteurs énergétiques nouveaux ou correspondant à une demande spécifique;

3. Réglementation: en proposant des réglementations pouvant conduire à une réduction de la dépense énergétique.

Si de tels efforts étaient conduits en Europe de façon concertée et résolue, en particulier dans le contexte du développement équilibré des pays de l'Europe du Nord et de l'Europe du Sud, cette crise qui se présente comme une catastrophe, pourrait hâter la construction d'une société plus harmonieuse, facilitant le plein épanouissement de l'individu. H.J. de K.



Le charbon: combustible fossile qui garde parfois l'empreinte des plantes originelles (Photo Muséum national d'Histoire naturelle - Paris)

# Les communes et régions d'Europe face au nucléaire

Bernard Dupont

Assemblée représentative des élus locaux et régionaux des vingt et un Etats membres du Conseil de l'Europe, la Conférence des pouvoirs locaux et régionaux de l'Europe constitue le forum au sein duquel les communes et les régions d'Europe peuvent faire entendre officiellement leurs exigences et les intérêts des populations européennes auprès des instances gouvernementales compétentes et des institutions européennes sur tous les grands problèmes qui préoccupent notre société moderne.

Le développement de l'énergie nucléaire et les dangers qui en résultent pour l'environnement sont au nombre de ces problèmes. C'est pourquoi la Conférence des pouvoirs locaux et régionaux de l'Europe a examiné au cours de sa 15<sup>e</sup> Session annuelle (10-12 juin 1980) un rapport sur l'action des collectivités locales et régionales en matière de protection de l'environnement face au développement de l'énergie nucléaire sur la base duquel a été adoptée la Résolution 116 (1980) de la conférence.

La crise énergétique qui a affecté le monde occidental au début des années 70 a entraîné un développement considérable de l'énergie nucléaire dans la plupart des pays industrialisés; ainsi en 1979, les centrales nucléaires en service dans les pays de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire représentaient 168 réacteurs répartis entre 108 sites. En outre, 178 autres réacteurs, pour lesquels 77 nouveaux sites avaient été réservés, étaient soit en cours de construction soit au stade de la mise en service.

Dans la plupart des Etats membres du Conseil de l'Europe, les programmes nucléaires ont été réalisés sous la responsabilité des Etats centraux, et les communes et régions directement concernées par les implantations nucléaires étaient souvent

soumises à des décisions imposées sans véritable consultation préalable, voire allant à l'encontre des souhaits des populations concernées.

De nombreuses atteintes au cadre de vie de communes et de régions ont ainsi été commises, souvent sans contrepartie équitable et sans donner à ces collectivités la possibilité de procéder à une réflexion sur leur développement et leur approvisionnement énergétique.

C'est pourquoi la Conférence des pouvoirs locaux et régionaux de l'Europe a décidé d'étudier les moyens d'action des communes et des régions en matière de protection de l'environnement face au développement de l'énergie nucléaire. Bien plus que d'élaborer un rapport d'expert dont l'ambition serait de se prononcer pour ou contre l'énergie nucléaire, il s'agissait de mettre en lumière les moyens mis à la disposition des communes et des régions pour organiser un débat démocratique avec l'Etat central en matière d'approvisionnement énergétique.

Ce rapport présenté par un député portugais, M<sup>me</sup> H. Roseta, était basé sur près de 250 réponses à un questionnaire adressé aux communes d'implantation de centrales nucléaires en Europe, aux agglomérations proches, aux régions concernées et aux associations de pouvoirs locaux et régionaux.

Le rapporteur s'est attaché à analyser en particulier les aspects suivants: sites d'implantation et documents d'urbanisme; enquêtes publiques et études d'impact; référendum et recours administratifs et judiciaires; sécurité et contrôle des effets des centrales nucléaires sur l'environnement; aspects économiques et fiscaux; conseils juridiques et techniques; problèmes spécifiques aux régions frontalières.

Sur la base de ce rapport, la Conférence des pouvoirs locaux et régionaux de l'Europe a adopté une résolution sur ce thème dans lequel elle adresse aux gouvernements et aux collectivités locales et régionales d'Europe un certain nombre de recommandations, en particulier:

— la nécessité d'une formation aussi complète que possible du public et de la recherche de l'équilibre régional en matière d'approvisionnement énergétique ainsi que de la sauvegarde des libertés communales et régionales;

— au niveau régional, l'instauration d'une procédure démocratique d'approbation des plans de développement régionaux qui comprendraient un bilan énergétique de la région;

— au niveau local, la création de «comités de liaison» comprenant des élus locaux et régionaux et dont la mission consisterait notamment à informer le public et à débattre des plans de protection civile;

— en ce qui concerne les régions frontalières, d'une part, la création de commissions mixtes régionales, dans l'esprit de la Convention-cadre européenne sur la coopération transfrontalière des collectivités ou autorités territoriales, récemment adoptée par le Comité des Ministres du Conseil de l'Europe, d'autre part, l'association prioritaire des communes et régions frontalières des Etats membres voisins aux consultations relatives aux projets d'implantation ainsi que, le cas échéant, aux études d'impact et aux enquêtes publiques concernant ces projets.

Cette dernière idée a d'ailleurs été reprise dans l'importante résolution adoptée par le Parlement européen, le 20 novembre 1980, sur l'implantation de centrales nucléaires dans les zones frontalières.

Estimant que le rôle à jouer par les pouvoirs locaux et régionaux dans la recherche de solutions à la crise énergétique est essentiel, la conférence a décidé de préparer pour sa 17<sup>e</sup> Session (octobre 1982) un rapport sur la contribution des pouvoirs locaux et régionaux en matière d'économies d'énergie et de développement des énergies alternatives. B.D.

## Sources des illustrations p. 16-17

1. (Photo Pluriel)
2. (Photo H. Veiller - Explorer)
3. (Photo Hjalmar R. Bardarson)
4. (Photo F. Varin - Explorer)
5. (Photo R. Forst)



# La nature agressée

Hans Weiss

La plus grande partie des ressources disponibles pour la protection de l'environnement sont affectées, aujourd'hui, aux mesures de caractère technique. Il faut noter à ce sujet qu'en dernière analyse il ne s'agit pas tant d'une protection du milieu (naturel) que d'un transfert des nuisances environnementales vers d'autres secteurs où, compte tenu du cadre de vie technicisé et très spécialisé de l'homme moderne, elles sont perçues comme causant des perturbations moindres, du moins à court terme. Par exemple, la construction de nouvelles voies de circulation permettant de contourner les bâtiments et les agglomérations détourne de ceux-ci les gaz d'échappement des véhicules à moteur. Mais il y a un prix à payer; en effet, une telle solution implique, soit qu'on consomme une terre cultivable dont l'extension a désormais atteint les limites, soit qu'on détruise les habitats naturels d'animaux et de plantes autochtones — habitats qui sont, depuis longtemps, devenus peu abondants, et qui par conséquent méritent aujourd'hui d'être protégés. Je songe notamment aux berges des cours d'eau et des lacs qui abritent une végétation spécifique, aux marais, aux landes et aux forêts qui jouent un important rôle d'équilibre. Autre exemple: la construction d'installations centrales pour l'épuration des eaux usées, l'élimination des ordures ménagères ou le recyclage des vieux papiers, métaux, etc., contribuent, certes, à préserver la pureté de l'eau ou à économiser les matières premières; mais, en même temps, la mise en place et l'exploitation des installations sont l'occasion d'opérations de transport supplémentaire et d'un accroissement de la consommation d'énergie. Bien entendu, il ne saurait être question de mettre en opposition des mesures du genre de celles qui viennent d'être indiquées et d'autres efforts visant à sauvegarder l'environnement. Mais il faut bien voir que si l'on n'assure pas la conservation des paysages sur une vaste échelle, c'est-à-dire la conservation d'écosystèmes viables, la protection de l'environnement est une mission qui est condamnée à s'apparenter au travail de Sisyphe. Il est probable que dans la plupart des pays les ressources affectées à la protection des paysages ne représentent qu'une petite partie, un très faible pourcentage des dépenses engagées pour la protection technique de l'environnement.

## L'« énergie propre » — une illusion

On peut penser que le problème de l'énergie et les solutions qui lui seront apportées feront apparaître notre véritable

attitude; on verra alors si nous prenons réellement au sérieux la sauvegarde de l'environnement ou si nous continuons de nourrir l'illusion selon laquelle il serait possible de préserver l'environnement sans renoncer au luxe et au confort et sans limiter le développement de l'urbanisation de l'industrie et de la circulation. Selon un vieil adage: on ne fait pas d'omelette sans casser les œufs. En particulier, la consommation d'énergie — qui continue de croître — dans les pays fortement industrialisés affecte l'environnement à la fois directement — par la production, le stockage, le transport et la distribution de l'énergie utile — et indirectement par la dépense d'énergie et l'augmentation concomitante des flux de marchandises.

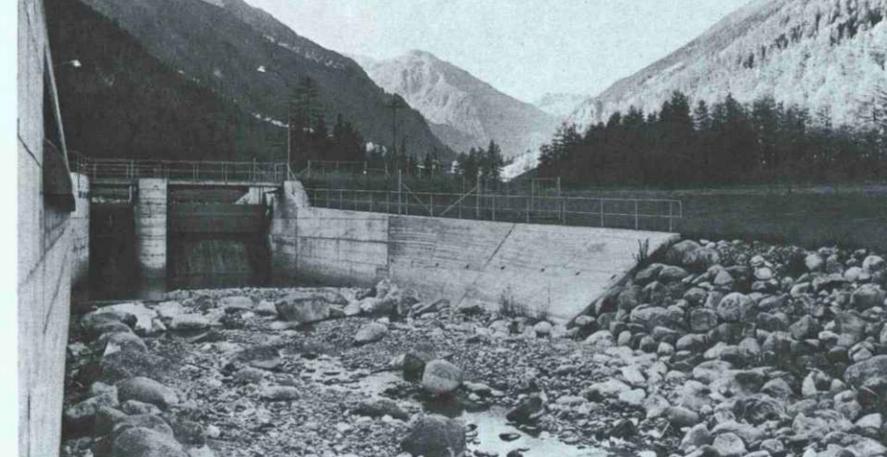
En ce qui concerne les effets de l'approvisionnement en énergie, on peut distinguer ceux qui modifient l'aspect du paysage et ceux qui influencent l'équilibre des paysages. Une ligne électrique peut affecter le panorama sur une vaste étendue. Mais en général, elle perturbe nettement moins l'équilibre du paysage, à moins que sa construction n'implique l'aménagement de couloirs dans les forêts. Certes, les études effectuées sur la vie sauvage, par exemple sur le grand-duc, ont montré que la présence de câbles électriques réduit sensiblement les habitats de ces oiseaux; en effet, ces derniers, lorsqu'ils partent en chasse la nuit, ne voient pas les fils électriques et ils viennent s'y brûler. On doit donc se garder de vouloir répartir rigoureusement les divers effets de l'approvisionnement en énergie en fonction des critères « aspect du paysage » et « équilibre du paysage »; on aurait tort, par exemple, de classer les pylônes et les lignes électriques uniquement dans le premier groupe. Les perturbations au plan visuel ne sont que la partie émergée de l'iceberg; elles constituent la partie visible d'un bouleversement en profondeur de l'équilibre naturel.

A l'occasion des débats actuels concernant l'énergie, on utilise souvent l'expression « énergie propre ». Elle a surtout la faveur de ceux des industriels de l'énergie qui préconisent le remplacement, à une échelle aussi grande que possible, des sources énergétiques fossiles par l'électricité. Assurément, il existe des types de production énergétique qui permettent, mieux que d'autres, d'économiser les ressources inextensibles, c'est-à-dire de les utiliser plus efficacement. A cet égard on doit préférer l'utilisation de sources d'énergie renouvelables à l'extraction du charbon et du pétrole, matières dont la combustion, au demeurant, pollue l'atmosphère et risque fort d'entraîner, à

long terme, une modification du climat pouvant avoir des conséquences catastrophiques. Mais, précisément, lorsqu'on se tourne vers l'électricité d'origine nucléaire ou hydraulique, on s'aperçoit qu'il n'y a pas d'énergie propre, pour autant qu'on ne perçoive pas uniquement dans l'environnement une fonction technique, mais qu'on inclue le paysage en tant que siège d'une vie biologique et culturelle. Les lits asséchés ou les portions de cours d'eau qui sont retenues par un barrage et qui, de ce fait, sont privées de leur capacité d'auto-épuration naturelle, sont la triste témoignage des inconvénients inhérents, également, à la « houille blanche », expression euphémique et quelque peu fallacieuse. Les grandes centrales hydrauliques — nous ne parlons pas, ici, des installations mécaniques datant de l'époque pré-industrielle, ni des mini-centrales dont le rôle de production d'énergie électrique est purement local — portent atteinte plus ou moins gravement au cycle naturel de l'eau et aux écosystèmes terrestres. Ceci s'applique également aux grands lacs de barrage qui ne remplacent jamais toute la richesse des espèces ou des formes — dont le développement et l'adaptation ont duré des millénaires — des paysages qu'ils ont recouverts. La beauté, souvent vantée, des lacs de barrage a, tout au plus, un caractère formel et encore uniquement lorsqu'ils sont pleins à ras bords. Le tracé du rivage qui ne correspond à aucune formation topographique naturelle du lac, est bien révélateur du caractère technique et artificiel des lacs de barrage. Les variations du niveau de l'eau ne correspondent pas à un rythme saisonnier; elles ne sont pas fonction des conditions météorologiques, mais de la périodicité toute artificielle de manipulations techniques qui rendent impossible l'implantation, sur la berge, d'écosystèmes supérieurs; il ne reste plus que des rives enlaidies par la vase et couvertes des restes d'une végétation sans vie.

## La situation en Suisse et dans les régions alpines limitrophes

A la suite de la construction de grandes centrales hydro-électriques, de nombreux torrents impétueux, naguère admirés par les peintres et les poètes, puis également par les touristes du monde entier, ont été transformés en pitoyables rigoles, voire en véritables déserts de pierres. 90% environ du potentiel hydraulique économiquement utilisable en Suisse sont aujourd'hui aménagés pour la production d'énergie électrique. Ceci permet de couvrir



L'influence d'un barrage sur une rivière de montagne (Photo W. Roelli)

quelque 15,5% de la consommation d'énergie primaire. L'énergie nucléaire couvre quelque 13% des besoins; notons que, lors de la conversion en électricité, les deux tiers environ de l'énergie se dissipent sous forme de chaleur résiduelle. En ce qui concerne le gaz, le charbon et le bois, ils couvrent respectivement quelque 3,1%, 1,2% et 1,1% de la consommation d'énergie primaire. Les besoins restants en énergie primaire — considérables — et les trois quarts, environ, des besoins en énergie utile sont couverts par le pétrole. Cette situation a une conséquence très simple: la contribution supplémentaire qui serait fournie par la construction de nouvelles centrales hydro-électriques représenterait au maximum 1,5% du total de la consommation énergétique actuelle. Ainsi, non seulement la Suisse n'aurait pas pour autant résolu son problème énergétique, mais les quelques sections de cours d'eau encore non aménagées et les quelques bassins hydrographiques alpins encore intacts seraient sacrifiés pour une bouchée de pain! La Suisse est allée plus loin, dans l'exploitation hydro-électrique de ses cours d'eau, que la plupart des autres pays du monde. Mais l'on peut penser que la situation n'est pas fondamentalement différente dans les Etats alpins limitrophes. A cet égard, la construction, sur le dernier tronçon du Rhône encore intact, entre Seyssel et Lyon, d'une centrale sur le canal latéral, est une erreur tragique, d'autant que la France s'oriente, davantage que tout autre pays occidental, vers l'utilisation forcée de l'énergie nucléaire. En Suisse aussi, malgré la faiblesse relative — officiellement reconnue — de la contribution de ce type d'aménagement à la production globale, on a resorti des dossiers des projets anciens, auxquels on semblait depuis longtemps avoir renoncé; mentionnons, par exemple, une station d'accumulation mixte (avec installation de pompage) au pied du glacier du Rhône dans le Haut-Valais, ou encore l'aménagement de nombreux barrages sur le Rhin, entre Coire et le lac de Constance, qui confèrent au cours du fleuve un profil en paliers. La décision de construire de telles installations n'est pas encore définitivement acquise. De même, le projet d'aménagement hydro-électrique dans la « Hohe Tauern » en Autriche, région dans laquelle il est prévu, parallèlement, d'aménager un parc national, donne encore matière à controverse.

Sous l'autorité de la Division fédérale de la protection de la nature et du patrimoine

national de l'Office fédéral des forêts, et en collaboration avec l'Office fédéral de l'aménagement des eaux, il a été institué récemment un groupe de travail chargé de procéder, sur la base d'études concernant « l'écologie » des projets non encore réalisés, à l'établissement de la liste des cours d'eau naturels qui, pour des raisons liées à la protection du paysage, devraient être définitivement préservés de toute construction industrielle nouvelle. Dans les années 60 les organismes privés s'occupant de la protection de la nature et du patrimoine national, ainsi que le Club alpin suisse, ont dressé un « Inventaire des sites et des monuments naturels d'importance nationale à conserver »; cette initiative faisait suite, notamment, à une exigence formulée à l'époque par les autorités de l'électricité, selon laquelle il convenait de définir, sur le terrain, les priorités de la protection des paysages. L'on entendait ainsi éviter que toute construction d'une nouvelle centrale continue de donner lieu à des controverses politiques désagréables. Dans ces conditions, il faut espérer, aujourd'hui, que les sociétés qui gèrent les centrales feront preuve de modération, comme elles l'avaient promis à l'époque, et ne considéreront pas les impératifs de la protection de la nature et des paysages uniquement sous un angle esthétique.

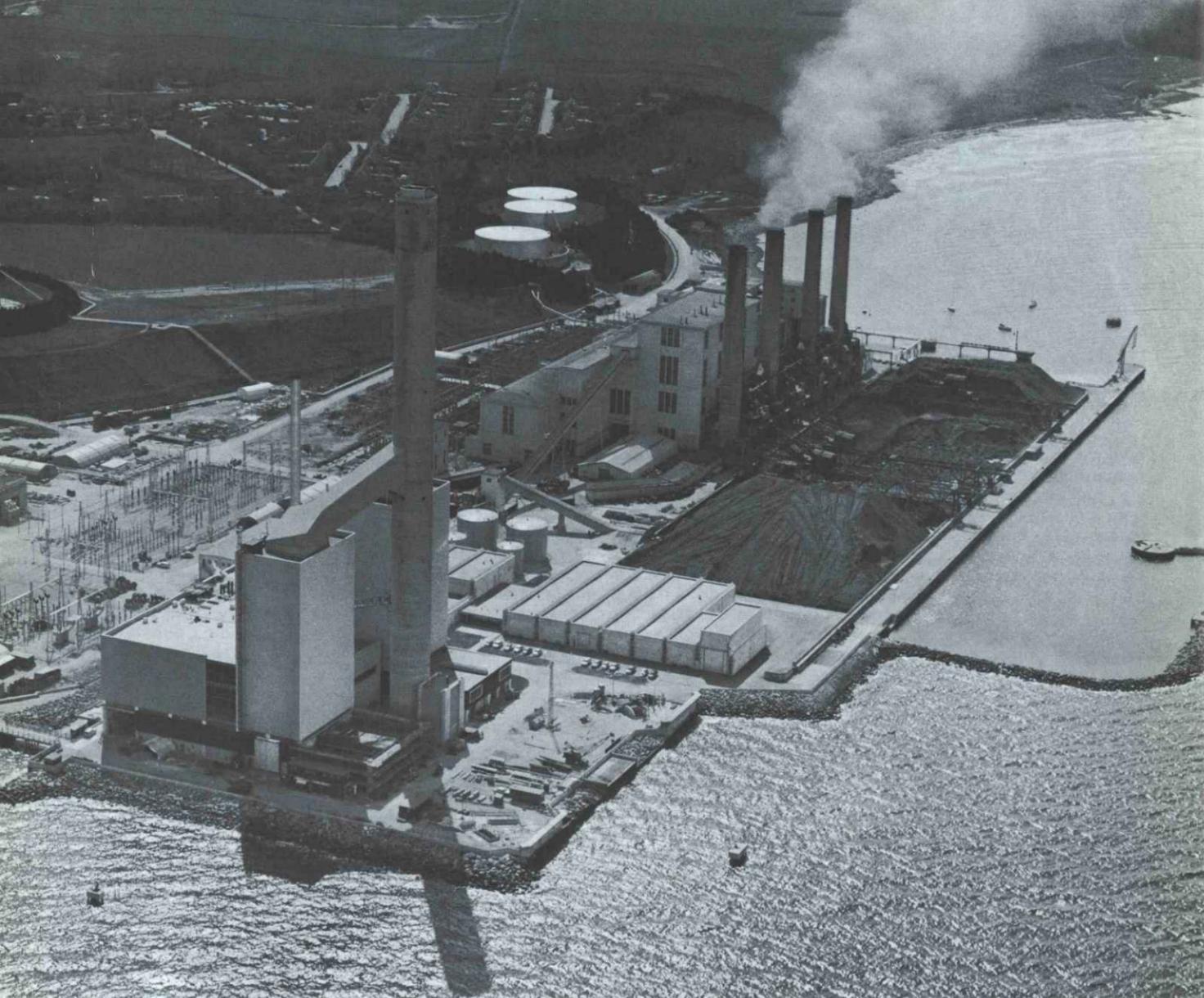
Il faut préciser, pour être juste, que dans le centre du pays une végétation naturelle a réussi à s'implanter, après coup, sur les berges de quelques-uns des cours d'eau aménagés. Cette végétation est précieuse aujourd'hui essentiellement pour les oiseaux aquatiques menacés; mais elle ne saurait vraiment compenser la disparition de zones humides beaucoup plus étendues, consécutive à des opérations d'amendement, à la construction de bâtiments au bord des cours d'eau, à l'aménagement de voies de circulation, à l'exploitation de gravières ou à un processus de peuplement. Une constitution semblable de réserves naturelles n'est pas concevable sur les cours d'eau alpins et pré-alpins, en raison des conditions d'écoulement et de poussée très différentes qu'ils connaissent. En outre, la situation topographique resserrée empêche généralement, dans ces zones, de disposer des berges plates nécessaires. Les sections dont le cours n'a pas encore été rectifié et qui favorisent, avec leurs méandres, la formation de bancs de sable et de gravier irremplaçables pour l'existence de rares plantes placées aux avant-postes et pour

la survie d'insectes et d'oiseaux aquatiques menacés d'extinction — ces sections sont, dans l'Europe non péninsulaire, réduites à la portion congrue: c'est pourquoi l'on doit exiger que les conflits portant sur l'aménagement du milieu physique cessent enfin d'être résolus au détriment des paysages naturels.

## Perspectives

Le développement de l'énergie nucléaire offre-t-il une issue? La réponse à cette question dépend du jugement que l'on porte, d'une part sur les risques liés à ce type d'énergie, d'autre part sur les problèmes du stockage définitif des déchets radioactifs dont la demi-vie radioactive est longue. Si l'on prend en considération uniquement la pollution directe du paysage, il est incontestable que les centrales nucléaires tirent mieux leur épingle du jeu que les centrales thermiques au pétrole ou les centrales au charbon, ou encore les centrales hydro-électriques alimentées par un bassin hydrographique important. Mais le refroidissement des centrales nucléaires par l'eau des rivières pose des problèmes écologiques qui ont conduit, en Suisse, à interdire la construction de telles centrales. Par ailleurs, les tours de refroidissement nuisent considérablement au paysage et à l'environnement — du moins à l'échelle locale — et il n'est pas exclu, compte tenu de la vapeur qu'elles produisent et de l'ombre qu'elles projettent, qu'elles entraînent, si elles sont construites en grand nombre, une modification du climat régional. Quant à la construction de grandes centrales solaires — proposée par divers milieux — elle ne représente qu'une utilisation indirecte de l'énergie solaire et comporte une déperdition thermique importante. De tels édifices, avec leurs héliostats, leurs centrales thermiques, leurs routes d'accès et leurs câbles d'acheminement, abîmeraient de vastes portions d'un paysage déjà très limité.

Cela dit, il n'est pas dans notre intention de rejeter par principe, voire de diffamer, les réalisations actuelles en matière de production énergétique. C'est à elles que nous devons, dans une très large mesure, l'essor économique, et c'est grâce à elles que nous avons pu nous libérer de nos peines, de nos corvées et de notre dépendance sociale. Mais l'on ne doit pas faire semblant de croire que les paysages menacés et l'équilibre naturel pourront être préservés sans qu'il soit nécessaire de stabiliser et, tôt ou tard, de réduire la consommation d'énergie. Nous devons reconnaître qu'un niveau de consommation d'énergie élevé nous a permis de connaître un progrès matériel inéluctable, mais que personne ne peut dire, en bonne conscience, que ce progrès pourra encore, à l'avenir, contribuer à assurer une prospérité et une qualité de la vie authentique. H.W.



Centrale électrique dans un fjord danois (Photo Grubbe)

# L'impact sur les eaux

Erik Hoffmann

On utilise beaucoup l'eau pour la réfrigération dans différents complexes industriels et pour la production d'énergie. L'eau est appelée à évacuer les calories perdues produites et, à un stade ultérieur, à redégager celles-ci dans l'environnement. Cette introduction d'énergie dans l'eau, opérée par l'homme, devrait être considérée comme une pollution, étant donné qu'elle cause des dégâts aux organismes vivants, contenus dans l'eau. Les plus gros producteurs de calories perdues sont les centrales électriques, aussi bien les centrales thermiques classiques que les centrales nucléaires. Dans les deux cas, environ un tiers de l'énergie produite est transformée en électricité, le reste étant dégagé sous forme de calories. Mais il n'y a pas seulement des calories. L'on ajoute également des subs-

tances chimiques variées qui sont libérées par la suite. Ainsi, l'on ajoute du chlore aux eaux de refroidissement pour empêcher l'encrassement des canalisations surtout par les coquillages. Or, en concentrations élevées, ce produit est fatal à la plupart des animaux. L'on ajoute normalement aussi du sulfate de fer pour empêcher la corrosion des canalisations. Les tuyaux dégagent également de petites quantités de cuivre et d'oxydes métalliques.

## Répercussions sur l'environnement

Lorsque des eaux de refroidissement sont déversées dans un cours d'eau, un lac ou la mer, la chaleur perturbe l'équilibre éco-

logique qui est normalement maintenu grâce à un certain nombre de facteurs dont les plus importants sont les substances nutritives, la lumière, les mouvements de l'eau et la température. L'écosystème est généralement capable de supporter de légères variations de ces facteurs. Il suffit toutefois qu'un seul de ces facteurs soit modifié durablement pour que les fondements de l'équilibre se déplacent et que s'instaure en fin de compte un nouvel équilibre du système. Une hausse de température dans un biotope ou dans un organisme isolé aboutit à une accélération des processus biologiques. Ainsi, lorsqu'une étendue d'eau subit l'influence de la chaleur, on relève un accroissement du taux de rotation et donc une augmentation de la production. Tout à fait en bas de la chaîne alimentaire

se situe la production primaire dont l'ampleur est déterminée par la lumière, la température, et l'abondance des substances nutritives. Normalement, c'est la quantité de substances nutritives disponibles qui limite l'ampleur de la production primaire pendant l'été. Les étendues d'eau fortement polluées et riches en substances nutritives, se caractérisent par un seuil de réchauffement bas par les eaux de refroidissement. Ce réchauffement entraîne une augmentation considérable de la production primaire et aboutit en fin de compte à un déficit en oxygène des eaux profondes — phénomène qui se produit dans plusieurs lacs et que nous connaissons bien. C'est pourquoi il est souvent souhaitable de prévoir l'écoulement des eaux de refroidissement dans une zone qui n'est pas déjà polluée par les eaux usées. Si les eaux de refroidissement sont déversées dans une zone non polluée, les quantités de substances nutritives peuvent limiter le taux de production primaire pendant l'été. Il y aura toutefois généralement une légère augmentation de la production primaire, les températures plus élevées favorisant une utilisation plus efficace de la lumière, et tous les processus de décomposition s'accroissant dans la zone en question. L'accroissement de la production primaire ainsi que de l'activité du plancton animal, également provoqué par le réchauffement, aboutit à une augmentation de la production également à ce stade. Ce phénomène se répète tout au long de la chaîne alimentaire pour déboucher finalement sur plus de nourriture pour la faune benthique et donc plus de nourriture pour les poissons.

Les eaux de refroidissement rejetées entraînent souvent un accroissement de la production qui ne s'accompagne pas forcément d'un accroissement correspondant de la biomasse. En fait, il est assez rare que la biomasse augmente également. La productivité accrue signifie que plus de substances organiques sont produites à chaque stade. Cette production est cependant consommée au stade suivant, tout au long de la chaîne alimentaire, de sorte que la biomasse totale n'augmente pas. Du point de vue biologique, il est toutefois intéressant de savoir s'il y a une évolution de la composition des espèces qui caractérisent l'écosystème. Les besoins de chaque espèce animale et végétale, en ce qui concerne l'eau où elle vit, varient: besoins concernant aussi bien la température que le contenu de substances que l'on ne trouve généralement pas dans l'eau.

L'on a procédé à de multiples enquêtes pour déterminer les éventuels effets nuisibles du déversement d'eaux de refroidissement dans le milieu aquatique. Malheureusement, dans la plupart des cas, ces enquêtes sur les conséquences biologiques du déversement d'eaux de refroidissement n'ont été entamées qu'après la construction de la centrale.

## Répercussions sur les espèces animales et végétales

Au cours des cinq à dix dernières années, plusieurs enquêtes ont été menées dans des centrales électriques implantées au Danemark. La centrale d'Asnaes, dans le fjord de Kalundborg, est la plus grande centrale électrique danoise, et l'on a examiné ses incidences sur l'environnement marin. Au moment de l'enquête, la quantité d'eaux de refroidissement déversées atteignait une trentaine de m<sup>3</sup> par seconde. On a constaté un changement dans les espèces composant la faune benthique dans la zone autour de la centrale d'Asnaes. Les variétés benthiques d'eau froide deviennent moins nombreuses à l'endroit où s'écoulent les eaux de refroidissement. Les variétés d'eau froide constituent des variétés que l'on ne rencontre pas plus au sud du Danemark, c'est-à-dire des variétés normalement limitées à des eaux relativement froides. En revanche, les variétés d'eau chaude, c'est-à-dire des variétés que l'on ne rencontre pas au nord du Danemark, sont nombreuses à proximité de l'écoulement. Cette constatation n'a pas de quoi surprendre, et l'on a relevé des changements de ce genre sur les lieux d'autres centrales électriques, dans le monde entier.

Les poissons sont répartis de la même manière que la faune benthique. Des enquêtes suédoises, menées à proximité de la centrale nucléaire d'Oskarshamn, ont fait apparaître une concentration de variétés d'eau chaude à l'endroit où s'écoulent les eaux de refroidissement, les variétés d'eau froide ayant disparu de ces zones. Des informations provenant des Etats-Unis font état de changements analogues dans la composition des espèces de poissons.

On a évalué l'étendue de la zone où se produisent ces changements. L'enquête portant sur la centrale d'Asnaes au Danemark a indiqué que les eaux de refroidissement n'avaient aucune incidence dans les zones où la température ne dépasse pas de plus de 2°C la norme. Or, une telle température n'a pas été enregistrée à plus de mille mètres de l'écoulement. Des informations provenant des Etats-Unis indiquent que, dans des zones où la température ne dépasse pas de plus de 1°C la norme, on n'a relevé aucun changement dans la faune.

Outre les changements dans la composition des espèces dans les zones ayant subi un réchauffement par des eaux de refroidissement, il y a eu immigration d'espèces nouvelles. Les espèces venant d'eaux plus chaudes réussissent toutefois rarement à se développer à long terme, en raison du manque de stabilité des conditions hydrographiques, à la suite notamment de la fermeture périodique des centrales. On connaît quelques cas d'immigrants exotiques de ce genre, venus s'installer dans des zones réchauffées. En

1953, dans les docks de Copenhague à proximité de l'endroit où étaient déversées des eaux de refroidissement, on a découvert deux espèces, inconnues auparavant dans la faune danoise. Dans un cas, il s'agissait d'un petit crabe originaire d'eaux saumâtres de l'est des Etats-Unis, dans l'autre, d'un polychète des Indes, se logeant dans les tuyaux. Les deux animaux avaient certainement effectué le voyage au fond d'un navire et avaient trouvé des conditions agréables dans la zone de déversement des eaux de refroidissement. Ces deux espèces n'ont jamais posé de problèmes et peuvent à présent être considérées comme disparues.

L'on a souvent prétendu que le déversement d'eaux de refroidissement aboutit à un massacre d'animaux, surtout à proximité des centrales nucléaires où les quantités déversées sont importantes. Or, le nombre d'animaux d'une certaine taille tués de cette manière apparaît relativement faible. Lorsqu'une centrale électrique commence à fonctionner, les animaux benthiques qui s'accommodent mal d'un relèvement de la température meurent lorsqu'ils sont heurtés par le premier jet d'eaux de refroidissement. Toutefois, ce phénomène ne se produit qu'une fois, à condition que la centrale ne soit pas fermée trop longtemps pour que la faune primitive n'ait pas le temps de se reconstituer. Les animaux capables de se déplacer tenteront autant que possible d'éviter la chaleur, simplement en s'éloignant de la zone en question, en rampant ou en nageant. Ceux qui se déplacent le plus lentement risquent de mourir, mais là également cela ne se produit qu'une fois. Lorsque la centrale fonctionne, les animaux pouvant se déplacer, notamment les poissons, éviteront constamment les zones où la température est trop élevée pour leur convenir.

Pour le plancton, la situation est un peu différente. Ces organismes n'ont aucune possibilité de s'échapper des zones à eau réchauffée. Il est probable que de grandes quantités de plancton soient anéanties lorsque celui-ci traverse la centrale ou qu'il est heurté par de l'eau trop chaude.

## Répercussions indirectes

Outre les répercussions directes d'une température en hausse sur la flore et la faune, d'autres facteurs biotiques et abiotiques de l'environnement peuvent subir des modifications. La quantité et la qualité des animaux comestibles peuvent évoluer et la compétition entre prédateurs peut se manifester ailleurs. Des changements de ce genre ont des répercussions sur la composition de l'écosystème et sur la corrélation entre ses éléments dont les différentes espèces subissent les effets.

Ci-après sont mentionnés un certain nombre de facteurs ayant trait à l'hygiène et à l'environnement et influant directe-

## L'impact sur les eaux

ment sur les organismes vivant dans une zone où sont déversées des eaux de refroidissement réchauffées.

L'adjonction de chlore a déjà été mentionnée. Les concentrations autour de l'orifice d'écoulement sont souvent toxiques et risquent d'être fatales à la plupart des animaux qui y sont exposés pendant un certain temps. Les zones à forte concentration de chlore sont toutefois limitées, le chlore s'évaporant dans l'atmosphère à un rythme relativement rapide. Une autre répercussion indirecte est la sursaturation des eaux de refroidissement. La sursaturation en azote et en oxygène est due au réchauffement relativement rapide et à la diminution de la solubilité des gaz avec l'accroissement de la température. Il ressort de recherches portant sur la truite arc-en-ciel (*Salmo irideus*) qu'une sursaturation de 114% est mortelle. Des cloques apparaissent sur les ouïes et le corps du poisson, accompagnées de suintements. Cet état est appelé « embolie gazeuse ». Près de la centrale nucléaire suédoise de Barsebäck, à 30 km seulement de Copenhague, on a trouvé tous les étés depuis 1978 de grandes quantités d'aiguilles de mer (*Belone belone*) mortes. L'aiguille de mer qui pénètre dans les eaux danoises au début de l'été est un robuste poisson pélagique, frayant dans les eaux peu profondes. Près de Barsebäck, l'aiguille de mer entre en contact avec des eaux de refroidissement sursaturées, et il est probable que les nombreux décès soient dus à la sursatu-

ration. En 1978, environ 10 000, en 1979 un peu moins et en 1980 environ 8 000 aiguilles de mer ont perdu la vie, victimes d'une « embolie gazeuse ».

### Parasites

Dans les zones tempérées, les parasites s'attaquent aux poissons essentiellement pendant la saison chaude. Un réchauffement augmente également les chances de survie et de prolifération des parasites. L'influence du réchauffement sur les hôtes intermédiaires a été prouvée après la mise en route de centrales nucléaires suédoises. On a procédé à des études sur un nématode (*Diplostomum spathaceum*) dont les hôtes intermédiaires sont des escargots et des poissons d'eau douce et les hôtes finals, des oiseaux de mer. La température plus élevée a abouti à une augmentation notable du nombre d'escargots et a permis au parasite de se développer toute l'année, ce qui à son tour était à l'origine d'une augmentation des infections chez les poissons vivant dans la zone.

### Arrivée d'eau

L'arrivée d'eaux de refroidissement a également des répercussions sur la faune. Des recherches effectuées indiquent que la mortalité d'organismes planctoniques plus grands, et notamment des œufs de poissons et des larves, atteint pratiquement 100 % lorsqu'ils sont pris dans le dispositif de réfrigération. Les décès sont dus à la chaleur combinée aux effets mécaniques relativement violents auxquels sont exposés les organismes dans le dis-

positif de réfrigération. Il s'agit notamment de collisions avec la paroi des canalisations, de changements de pression, de passages à travers des filtres, etc. Ainsi, pendant le frai, de grandes quantités de poissons sont détruites de cette manière dans les grandes centrales nucléaires. L'on ignore encore dans quelle mesure ce facteur a une influence sur la taille des populations de poissons dans les zones autour des centrales électriques.

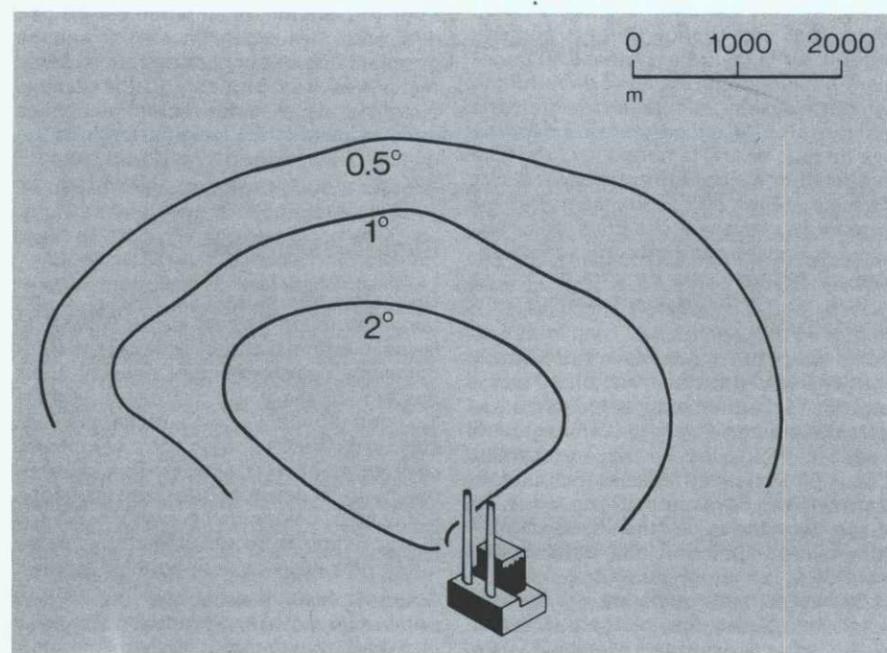
Cependant, ce ne sont pas seulement des organismes planctoniques qui sont entraînés par les eaux de refroidissement. De petits poissons, par exemple, de jeunes harengs et des anchois sont tués de cette manière. A la centrale électrique suédoise d'Oskarshamn, sur la côte est de la Suède, environ 13 tonnes de poissons ont été tués en 1975. A cette époque, la centrale utilisait environ 8 m<sup>3</sup> d'eaux de refroidissement par seconde. Sur les 13 tonnes de poissons, 7 étaient des anchois. A titre de comparaison, il convient de mentionner que l'on avait pêché environ 200 000 tonnes d'anchois dans la Baltique en 1975.

### Conclusion

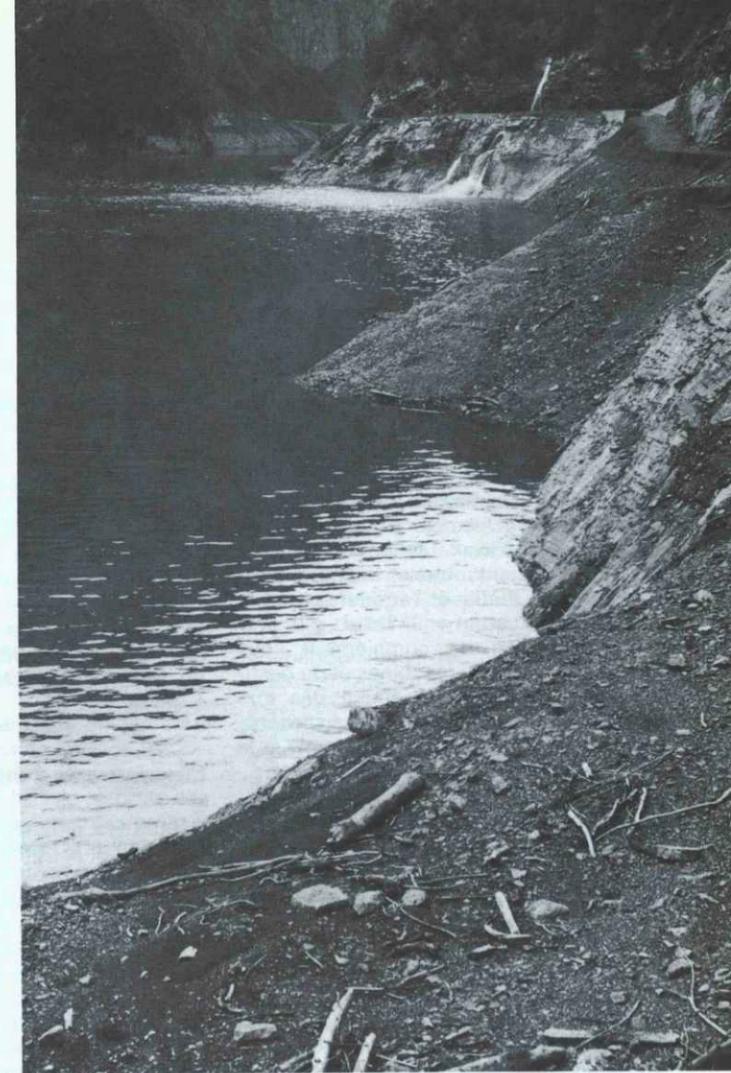
De ce qui précède, il ressort que le déversement d'eaux de refroidissement dans une zone d'eau assez étendue n'a aucune répercussion directe particulièrement grave sur la flore et la faune. Dans des zones restreintes, la composition des espèces évolue, et il y a souvent accroissement de la production.

Les effets indirects et notamment la sursaturation, les attaques de parasites et la destruction du plancton, à l'endroit où sont déversées les eaux de refroidissement, se répercutent souvent davantage sur l'environnement. Les études portant sur des centrales électriques implantées dans le monde entier n'ont mis en évidence aucun changement ou dommage catastrophique. Il n'en demeure pas moins que des changements se produisent. Il convient donc de souligner que les quantités d'eaux de refroidissement déversées par des centrales nucléaires futures constituent un problème tant que l'on ne connaîtra pas avec précision les répercussions de ce réchauffement sur l'équilibre écologique de la mer. E.H.

Schéma de l'accumulation de chaleur dans une zone recevant des eaux de refroidissement (débit 100 m<sup>3</sup>/s) d'une centrale nucléaire. Les lignes isothermiques montrent l'extension des zones affectées



Lac artificiel et berges sans vie... (Photo H. Weiss)



# Le gaspillage des ressources naturelles

Franz Wolkinger

## L'économie de la biosphère — un problème énergétique

Les multiples manifestations de la vie dans la nature, la croissance et la reproduction surtout, dépendent de processus énergétiques et sont liées à des phénomènes biochimiques et physiologiques complexes, dans le cadre, par exemple, de la transmission de l'énergie. Tous les êtres vivants, les écosystèmes, l'ensemble de la biosphère, sont donc soumis aux lois de la thermodynamique. C'est uniquement parce qu'ils transforment continuellement de l'énergie de grande valeur utile (lumière, aliments) en énergie de moindre valeur (chaleur) que les différents niveaux d'organisation de la vie ont pu atteindre et maintenir un tel degré d'ordre interne et externe. L'ordre écologique que nous sommes sans cesse amenés à admirer et à souligner et auquel en dernier ressort l'homme lui-même est soumis a pour origine la respiration qui empêche que ne s'instaure le désordre. Sur notre terre la lumière et la vie sont donc indissolublement liées.

## La nature ne connaît pas de problèmes d'énergie

Dans la nature, le problème de l'énergie est résolu de la manière la plus rationnelle. Les « unités de production » de la nature, les écosystèmes (forêts, landes, fleuves, lacs, alpages, etc.) possèdent grâce à la chlorophylle des collecteurs

d'énergie naturels qui transforment l'énergie solaire en énergie chimique. Outre les plantes vertes, certains groupes de bactéries ont « appris » la photosynthèse. Une fraction seulement de l'énergie solaire est utilisée pour ce faire. Avec au maximum 5% de l'énergie rayonnée par le soleil, la nature se permet ce luxe que nous pouvons observer dans la diversité et la multiplicité des formes de 270 000 espèces végétales et 1 200 000 espèces animales.

Par l'intermédiaire de réseaux alimentaires extrêmement complexes — il ne s'agit que très rarement de simples chaînes alimentaires — l'énergie solaire présente dans la nourriture est transmise aux différents consommateurs (herbivores, carnivores, ou omnivores), c'est-à-dire brûlée lors de la respiration, avec dégagement d'énergie sous forme de chaleur. De nombreux agents de dégradation utilisent également les déchets végétaux et les cadavres des animaux, riches en énergie, et assurent un recyclage total. C'est uniquement dans des conditions géologiques particulières qu'au cours de l'histoire de la terre se sont formées des réserves d'énergie naturelle. Il s'agit des gisements de charbon, de pétrole et de gaz naturel, ainsi que de ceux, plus récents, de tourbe qui du fait de leur origine sont qualifiés de ressources énergétiques primaires et résultent de processus bio-énergétiques naturels.

Société d'abondance, consommation et dépense d'énergie sont étroitement liées. Nous avons pu jusqu'ici tout nous permettre sans avoir à nous inquiéter de l'énergie consommée. Quant aux effets sur l'environnement inséparables de toute utilisation et de toute transformation de l'énergie, l'économie et la politique n'ont commencé à s'en soucier que lorsque les citoyens atteints dans leur cadre de vie quotidienne, de travail et de loisirs ont pris l'initiative de l'autodéfense. Timidement et la plupart du temps sous la pression de l'opinion publique, on prend des mesures pour améliorer la qualité de l'air et des eaux. La flore et la faune, elles aussi menacées, restent livrées sans défense à l'homme qui dans son exploitation des sources d'énergie ne s'en préoccupe guère.

## L'homme, parasite de l'énergie

L'homme chasseur, nomade, et plus tard agriculteur sédentaire a vécu pendant des millénaires en symbiose avec son environnement, prenant dans les différents cycles naturels la nourriture (= énergie) indispensable à la vie; il ne tarda pas à y ajouter ses propres cycles produisant encore au début certaines denrées alimentaires selon la formule simple: énergie solaire plus travail. Toutefois lorsque l'homme, voulant obtenir toujours plus, commença à pratiquer l'agriculture sur le modèle «industriel» il fallut d'importantes énergies de complément sous forme d'engrais, de machines et de pesticides. L'agriculture dépendait dès lors d'énergies extérieures, et une disproportion apparut entre l'apport d'énergie et le résultat obtenu.

De nombreuses solutions de remplacement sont à l'étude dont une en particulier consiste à mieux utiliser la biomasse (bois, paille, etc.) de manière à rendre l'agriculture dans une large mesure indépendante de l'énergie extérieure. La biomasse présente le grand avantage de constituer un potentiel régénérable qui peut être utilisé rationnellement dans le cadre «d'exploitations agricoles énergétiques». Il convient toutefois, lors de l'implantation de ces «cultures énergétiques» d'arbres à croissance rapide, de tenir compte du contexte écologique ainsi que de l'esthétique des paysages afin d'éviter les écueils bien connus de la monoculture.

L'actuelle société d'abondance ou plus exactement de gaspillage n'est viable que parce que l'homme, en parasite égoïste, a puisé dans toutes les sources d'énergie comme si elles ne connaissaient pas de limites. C'est ainsi que les pays industrialisés sont en train de dépouiller non seulement les pays en voie de développement mais aussi leur propre postérité!

## Les sources d'énergie traditionnelles: bois, tourbe, vent et eau

Pendant des siècles, le bois, plus rarement la tourbe, ainsi que l'eau et le vent ont été pour l'homme les principales sources d'énergie. Là où il exploitait des matières premières, extrayait des minerais, fabriquait du verre ou produisait du sel, ces sources d'énergie renouvelables ont été largement exploitées depuis le Haut Moyen Age et ont connu des transformations considérables. La tourbe servait aux brasseries et pour les locomotives et de nombreuses landes appartenant aux paysages les plus anciens ont été exploitées et détruites.

Pour faire le charbon de bois on utilisait de préférence le hêtre. On a ainsi déboisé de vastes secteurs des Alpes, des régions entières, détruisant des écosystèmes qui

n'ont pu se reconstituer que lorsque le charbon de bois a été remplacé par la houille et le lignite, ce qui a permis d'éviter une première crise de l'énergie au siècle dernier. C'est en grande partie à ces interventions que nombre de régions doivent d'être privées de leur hêtres à l'étage montagnard correspondant. Lorsque le hêtre eut perdu son importance comme source d'énergie, ses anciens habitats ont été transformés en monoculture d'épicéa.

Nous n'avons plus aujourd'hui conscience des interventions dans les systèmes fluviaux, aménagement des berges, etc., que rendait nécessaire le transport du bois par les différents procédés de flottage.

## Les sources d'énergie fossile

Depuis les années 60, le charbon a été détrôné par le pétrole et le gaz naturel. La combustion du bois, mais surtout du charbon et du pétrole et de leurs dérivés, dégage dans l'atmosphère de l'anhydride sulfureux nocif pour les plantes, l'homme et les animaux et qui, à proximité des zones industrielles, fait mourir des forêts entières. Mais une fois répandue dans l'atmosphère, cette substance est également emportée jusqu'aux coins les plus reculés de la planète. En Suède, très loin de toute industrie, on a constaté dans des forêts des dégâts dus au SO<sub>2</sub>. Dans la mer, ces «précipitations acides» ont entraîné une modification de l'environnement du plancton et des poissons.

Les centrales thermiques émettent des poussières et les eaux de refroidissement qu'elles rejettent réchauffent des systèmes fluviaux entiers. Tous les processus vitaux dépendant, comme on le sait, de la température, toute modification de celle-ci constitue une perturbation grave de l'écosystème fluvial.

L'extraction du charbon laisse derrière elle des puits et des crassiers qui ne sont qu'exceptionnellement remis en culture. Dans la Ruhr ont été réalisées quelques reconversions spectaculaires qui ont permis de disposer de zones de loisirs d'aspect très proche de la nature.

L'exploitation du pétrole et du gaz naturel nécessite des interventions massives; les camions-citernes accidentés, les réservoirs insuffisamment étanches menacent les eaux potables; les marées noires détruisent de vastes régions côtières et des écosystèmes marins. Des oléoducs abouissant à de gigantesques dépôts traversent les forêts. Cette utilisation de l'énergie fossile entraîne le rejet de substances toxiques telles que le plomb, l'oxyde de

carbone, l'anhydride carbonique, etc., dans les cycles écologiques et dans l'alimentation humaine, de sorte que nous souffrons aussi à divers titres des effets de l'exploitation de l'énergie fossile.

## Perturbations du régime des eaux

Jusque dans les vallées les plus reculées, les régions alpines ont souffert de l'exploitation de l'énergie hydro-électrique: en ne considérant qu'un aspect partiel de l'hydro-électricité, on peut conclure qu'il s'agit d'une énergie «propre» et «respectueuse de l'environnement».

Mais le clocher qui émerge encore des eaux du lac de barrage du Reschensee vient rappeler les innombrables pertes sur le plan culturel et les problèmes socio-économiques liés à l'exploitation de cette énergie. Les retenues d'eau entraînent la disparition d'admirables paysages naturels et de précieuses terres agricoles, nécessitent des transferts de populations et une régularisation des cours d'eau d'alimentation, toutes choses fort coûteuses. On crée des lacs artificiels et des bassins de compensation, les cours d'eau naturels sont «amputés», contraints à former des mares d'eau stagnante ou complètement asséchés. Leur caractère naturel est ainsi totalement perdu. Pour des raisons «économiques» on ne saurait renoncer au moindre cours d'eau. Généralement, les eaux des vallées voisines sont également déviées vers le barrage. Les tentatives pour fixer des quantités d'eau minimales et des quantités d'eau résiduelles ne servent qu'à se donner bonne conscience et ne sont que très rarement efficaces, surtout lorsque l'eau est peu abondante. Toute réduction de la quantité d'eau et de la vitesse d'écoulement entrave la dérivation naturelle de l'eau et amoindrit le pouvoir auto-épurateur. L'aspect désolé de nombreux segments de

rivières asséchés donne un exemple éloquent des perturbations apportées au régime des eaux.

Dans les grandes vallées fluviales, on coupe les méandres et on supprime les bosquets. Toute retenue d'eau a une influence sur le transport des débris minéraux, sur la sédimentation et sur la qualité biologique et chimique des eaux. Dans le cas des usines fluviales, la retenue d'eaux souillées entraîne le risque d'infiltrations dans la nappe phréatique. On connaît mal les effets de ces interventions sur les eaux souterraines dans les régions alpines et sur les micro-climats (formation de brouillards, stockage de chaleur).

Toute exploitation de l'énergie hydraulique nécessite la construction d'ouvrages et d'installations annexes très apparentes dans le paysage naturel. Dans les régions touristiques ces travaux de construction, qui s'étendent sur plusieurs années, représentent une nuisance considérable. Il suffit de citer parmi ces superstructures: les digues et barrages, les halls des machines, les conduites forcées, les monte-charges sur plan incliné; il faut de plus des voies d'accès, des ponts et des écluses supplémentaires. Grâce aux routes de montagne et aux téléphériques, l'environnement n'est pas épargné. Les déblais doivent être déposés quelque part. Les stations de transformation, les pylônes et lignes à haute tension non seulement défigurent les vallées mais traversent sans vergogne zones protégées et forêts et se dressent au sommet des collines. De nombreux oiseaux trouvent la mort, les ailes prises dans les fils électriques.

On sait maintenant que le barrage d'Assouan a gravement perturbé l'équilibre naturel de la vallée du Nil. Près de 100 millions de tonnes de limon qui avant l'aménagement du barrage assuraient la fertilité du sol manquent désormais cha-

que année aux cultures des fellahs. La jacinthe d'eau envahit la surface et fait évaporer, de plus, de grandes quantités d'eau, de sorte qu'il faut lutter contre ce nouveau fléau.

Lors de la construction de la centrale Malta dans les «Hohe Tauern», de nombreuses cascades ont dû être sacrifiées. De même, le gigantesque projet énergétique intéressant la partie orientale du Tyrol constitue une perturbation injustifiable du régime des eaux et de l'ensemble de l'écologie des paysages alpins.

## Les lacs de barrage — un enrichissement biologique ?

Dans les milieux intéressés on fait souvent valoir que les lacs de barrage apportent une précieuse contribution à la diversité écologique. L'Autriche, le pays des montagnes, est si riche en trésors naturels qu'elle n'a nul besoin de la malhabile chirurgie esthétique qui sert d'alibi aux technocrates. Un lac de barrage en période basse avec ses rives boueuses et ses réservoirs vides peut d'ailleurs difficilement passer pour un ornement du paysage.

Il est très rare de rencontrer des conditions aussi favorables que dans le cas du lac de Gralla, aménagé en 1965, et qui couvre 3 ha à une trentaine de kilomètres au sud de Graz. Ce lac de barrage est aujourd'hui en Styrie, le site d'hivernage le plus fréquenté par les oiseaux aquatiques, et sur le plan international le site de repos pour migrateurs le plus important au sud des Alpes. On y a observé, à certaines occasions, jusqu'à 7 000 oiseaux et recensé jusqu'ici 215 espèces différentes au bord de ce lac artificiel.

Comme autre exemple de zone de protection de la nature «de seconde main», on peut citer les prairies au bord de l'Inn près de Braunau en haute Autriche. Il faudrait mener des études comparatives montrant les modifications qui apparaissent lorsque des lacs naturels sont dotés d'un barrage ou que sont créés des lacs artificiels.

## Pour une exploitation écologique de l'énergie

Toute exploitation de l'énergie a sur l'environnement des répercussions qui dépendent de l'envergure du projet. Il ne faut pas oublier que la transformation de l'énergie dégage de la chaleur qui est introduite dans l'écosystème terre. Toute augmentation de l'énergie nous amène par ce dégagement de chaleur un peu plus près de ce point critique au-delà duquel pourraient se produire des modifications de climat et donc des modifications globales de la faune et de la flore.

Indépendamment des problèmes et des répercussions sur la faune et la flore que nous venons d'évoquer, la nature et les écosystèmes qu'elle a élaborés depuis des millénaires ont également un droit moral à s'épanouir sans entraves et à suivre leurs propres lois. Il faut refuser l'exploitation totale et irréfléchie de l'énergie, à laquelle on tend actuellement pour des raisons pseudo-économiques. Dans le cadre de l'aménagement du territoire, au niveau régional et national, il convient donc de délimiter de grandes zones non exploitées du point de vue énergétique de manière à permettre la régénération de la nature; il serait possible d'en faire des zones protégées — parcs nationaux, etc. — servant également de réserves biogénétiques. Elles joueraient un rôle important d'équilibre écologique.

Autre revendication importante: toute intervention dans l'environnement et tout projet d'ordre énergétique doit obligatoirement faire l'objet d'un contrôle de compatibilité avec l'environnement. Il n'est pas admissible qu'après des décennies de planification par les technocrates, les spécialistes de l'écologie et de la protection de l'environnement ne soient consultés que pour information. L'écologiste doit participer de plein droit à l'élaboration de toute planification.

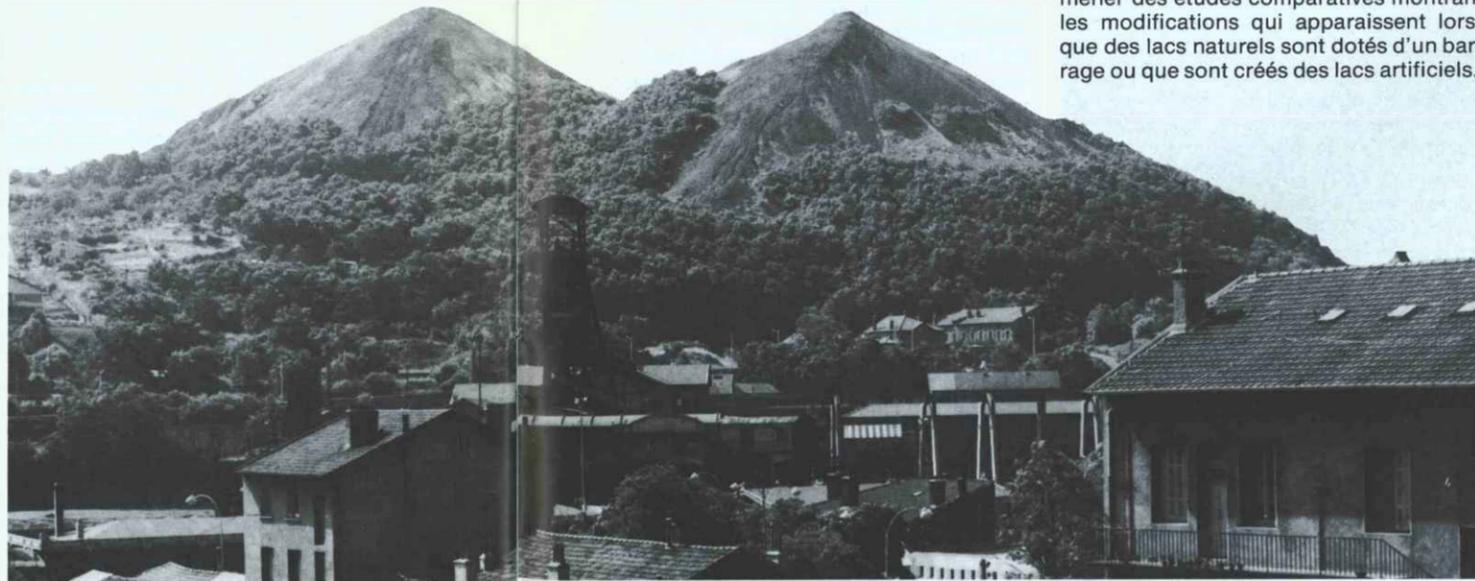
La mission, constamment invoquée, qui serait de «fournir de l'énergie à tout prix» doit être reformulée dans l'optique écologique de manière à tenir compte également des intérêts de la nature.

Dans des pays comme l'Autriche, et ce n'est pas le point le moins important, il faut revoir le droit des eaux qui jusqu'ici a permis l'assèchement de vallées entières.

La responsabilité de l'ensemble de notre espace vital, pas uniquement dans l'immédiat mais aussi pour l'avenir, exige la mise en œuvre de toutes les stratégies écologiques dont peut disposer l'homme «pensant».

F.W.

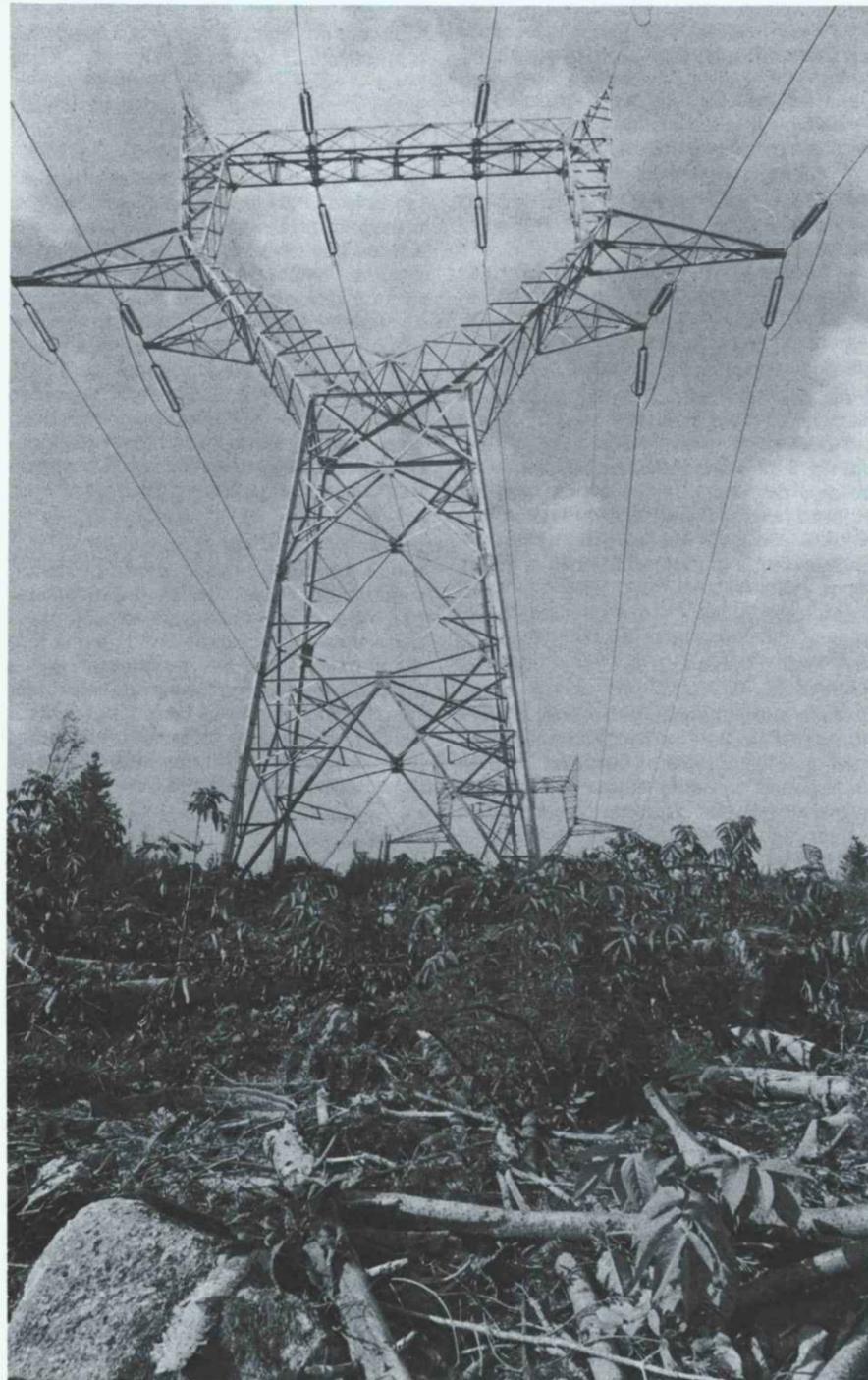
Zone d'exploitation minière ayant maintenant un aspect proche de la nature (Photo MECV - SI)



# Limites écologiques

François Ramade

(Photo A. Kaiser - Pluriel)



En ces temps de crise de l'environnement, il convient de s'interroger sur la nature des limites auxquelles se heurtera tôt ou tard une civilisation entièrement orientée au cours des dernières décennies vers une croissance incessante de la consommation d'énergie et de matières premières.

Il est assez évident pour le biologiste que même si l'humanité disposait de ressources énergétiques inépuisables et gratuites, d'autres limites, non moins contraignantes, mettraient un terme définitif à cet accroissement. Ces limites, de nature écologique, se rapportent à trois catégories distinctes : les pollutions, les contraintes thermodynamiques et climatiques, la consommation d'espace.

Leur existence fixera un terme à l'accroissement de la consommation mondiale d'énergie longtemps avant que l'humanité ne se heurte à l'épuisement absolu des ressources.

## Les pollutions

Toute production artificielle d'énergie s'accompagne inéluctablement de pollutions d'ampleur considérable. Celles-ci, par leur importance, par suite de la gravité des problèmes d'hygiène publique et de la dégradation des ressources naturelles qui en découlent, devraient donner à réfléchir à ceux qui contestent l'impérieuse nécessité d'un arrêt définitif de la croissance énergétique.

L'exemple de la pollution atmosphérique montre que la consommation de combustibles fossiles ne pourra présenter dans le futur qu'un nombre limité de doublements. Au-delà, les pollutions engendrées deviendraient inadmissibles si tant est que l'on puisse considérer comme tolérables les niveaux de contamination de l'air déjà atteints dans les grandes villes ou dans certaines régions industrielles.

La pollution atmosphérique exerce aussi un effet désastreux sur les ressources naturelles renouvelables. Ainsi, des centaines de milliers d'hectares de forêts ont-ils déjà été détruits dans les pays industrialisés et des surfaces encore plus importantes voient leur productivité affectée. La production agricole subit des pertes considérables du fait de la pollution de l'air, chiffrées par exemple à plus de 100 millions de dollars par an pour le seul Etat de Californie!

La contamination de l'océan par le pétrole constitue une cause essentielle de pollution de l'hydrosphère. Les accidents survenus à des puits *off-shore* comme Santa Barbara en Californie et récemment à Ixtoc One au Mexique où furent rejetés de juin à novembre 1979 plus de 500 000 tonnes de pétrole, les naufrages de supertankers dont les conséquences catastrophiques ont été illustrées par l'échouage de l'*Amoco Cadiz* en mars 1978, mettent en évidence le fantastique potentiel de pollution de l'industrie pétrolière. Au total, l'ensemble des activités d'ex-

traction, de transport et d'utilisation des hydrocarbures s'accompagne chaque année du rejet de  $5 \times 10^6$  tonnes de pétrole dans le milieu marin!

La pollution radioactive, contrepartie inéluctable du développement de l'industrie nucléaire, pourrait constituer à terme un obstacle majeur, si de substantiels efforts technologiques n'étaient pas effectués en temps utile pour donner une solution satisfaisante au problème des déchets. Les principaux risques de contamination de l'environnement propres à l'industrie nucléaire se situent au niveau des usines de retraitement des combustibles irradiés. Dans ces dernières se retrouvent en effet tous les déchets produits dans les réacteurs.

Bien qu'aujourd'hui la contamination de l'air et de l'océan n'atteigne pas encore un niveau critique, il n'en serait plus de même si les quantités retraitées devaient croître de plusieurs ordres de magnitude.

## L'occupation de l'espace

Quelle que soit la forme d'énergie considérée, son utilisation consomme de l'espace et conduit à réduire le potentiel disponible en cette ressource naturelle primordiale.

L'extraction des combustibles fossiles a provoqué par le passé la destruction de surfaces considérables. D'immenses zones boisées du Massif des Appalaches aux Etats-Unis, ont été ravagées par de telles pratiques qui laissent la roche à nu au fond d'immenses excavations et bouleversent le réseau hydrologique. De récentes lois ont rendu quasiment obligatoire, à l'image de ce qui se fait en Allemagne, la réhabilitation des territoires exploités avec remise en place des stériles pour combler les cavités, ainsi que de la couche arable superficielle et reconstitution d'un tapis végétal herbacé ou ligneux (selon les conditions écologiques locales).

Même les mines de matière fissile pourraient conduire à une consommation significative d'espace, l'exploitation de minerais à faible teneur nécessitant l'extraction d'une quantité considérable de roches.

Il ne faudrait cependant pas croire que le recours aux énergies dites « nouvelles » permettrait de s'affranchir des contraintes liées à la consommation d'espace. Bien au contraire ces dernières sont encore plus fortes que dans le cas de l'usage des énergies potentielles qui présentent l'avantage d'une densité élevée. Ici au contraire, la dilution dans l'espace de l'énergie libre implique l'immobilisation de surfaces collectrices très importantes.

En admettant que la conversion photovoltaïque soit utilisable à l'échelle industrielle, les deux tiers du territoire des Etats-Unis devraient être couverts de capteurs solaires en 2070 si la croissance de la consommation d'énergie électrique se



maintenait dans ce pays sur ses bases actuelles.

Prenons maintenant le cas de la France et plaçons-nous dans l'hypothèse où l'on remplacerait toute l'énergie consommée à l'heure actuelle par de l'énergie solaire produite par conversion photovoltaïque. Dans ces conditions, plus de 15 000 km<sup>2</sup> devraient être couverts de capteurs solaires pour satisfaire nos besoins en énergie. On peut certes envisager de stériliser une telle superficie, qui correspond à celle de trois départements, afin d'assurer nos approvisionnements énergétiques, mais on ne saurait prétendre que l'énergie solaire captée à une pareille échelle soit exempte de contraintes pour l'environnement. L'occupation considérable de l'espace propre aux installations de captage interdit à cette source d'énergie de substitution tout dépassement significatif du niveau actuel de la consommation totale d'énergie primaire dans notre pays.

## La pollution thermique

Les contraintes thermodynamiques imposent aussi un terme absolu à la croissance énergétique lorsque celle-ci s'appuie sur l'usage des combustibles fossiles ou de la fission nucléaire. En effet, le second principe de Carnot stipule que toute machine thermique ne peut produire un travail qu'avec perte de chaleur dans l'espace environnant.

Les basses calories ainsi perdues, non converties en énergie utilisable, sont rejetées dans l'atmosphère et les eaux. En conséquence, elles provoquent une pollution thermique des eaux continentales qui atteint déjà un niveau préoccupant dans divers cours d'eaux traversant des régions très industrialisées et en certains points du littoral particulièrement affectés par ces décharges thermiques.

Beaucoup plus préoccupantes à long terme paraissent les conséquences climatiques inhérentes à cette libération d'énergie potentielle, sous forme de basses calories non converties en travail, dans l'ensemble de l'écosphère. Elles sont en effet susceptibles de perturber le bilan énergétique terrestre. La perspective d'un bouleversement climatique global ne relève nullement de la science-fiction.

## Economie, énergie et croissance

Quelques réflexions socio-économiques paraissent maintenant nécessaires au su-

jet de l'emploi de l'énergie dans notre civilisation. On en vient, en effet, dans le contexte actuel de crise de l'énergie à se poser la question suivante : de combien pourrait-on baisser les disponibilités énergétiques *per capita* sans remettre en cause les acquis positifs permis par le progrès technologique au cours des dernières décennies? En bref, de combien d'énergie l'homme a-t-il réellement besoin?

Il s'impose de mettre en place dans les plus brefs délais une nouvelle organisation économique permettant un arrêt total et définitif de la croissance énergétique. Une planification adéquate des étapes intermédiaires serait, selon nous, susceptible d'assurer sans heurt ni rupture la transition vers une nouvelle forme de civilisation où la quantité d'énergie primaire consommée *per capita* serait constante, voire décroîtrait en valeur absolue, pour s'ajuster à un niveau moyen, peut-être deux fois plus faible que l'actuel. Cette évolution est tout à fait envisageable sans que le niveau de vie des citoyens des pays industrialisés soit réellement affecté, et même peut être accomplie en améliorant les aspects positifs du progrès apporté par la technologie à la vie quotidienne.

Cela implique en premier lieu une diversification systématique de l'approvisionnement en énergie primaire, une optimisation de l'emploi des énergies potentielles car la lutte contre la pollution atmosphérique s'accompagne d'un gain dans les coefficients d'utilisation des combustibles fossiles. Enfin, cela oblige à recourir, de la façon la plus rapide et la plus extensive possible, aux diverses énergies libres naturelles et à la géothermie afin de remplacer les hydrocarbures dans tous les usages où ils ne sont pas indispensables.

Un terme définitif doit aussi être mis au gaspillage de l'énergie dans la « société de consommation ». Tout ce qui s'est fait jusqu'à présent est dérisoire par rapport à ce qui non seulement pourrait mais devrait être entrepris. Limiter la vitesse des véhicules, plafonner la température de chauffage des locaux d'habitation à un niveau physiologiquement salutaire, tout cela n'est pas inutile mais constitue en quelque sorte la partie visible de l'iceberg des gaspillages d'énergie. En fait, c'est par une analyse et une refonte totale des structures de production industrielle et



(Photo Europ-Flash)

des méthodes de fabrication que l'on pourra optimiser l'usage de l'énergie.

Les exemples abondent en ce sens. L'évolution des systèmes de transport au cours des deux dernières décennies révèle que l'on a systématiquement favorisé le gaspillage de l'énergie dans ce secteur d'activité. Les responsables politiques, européens et américains par exemple, ont systématiquement privilégié la route au détriment du rail, alors que le chemin de fer consomme 5,6 fois moins d'énergie que la route par tonne/km et 7 fois moins quand il est électrifié. De la même façon, le fer présente une supériorité écrasante sur le plan énergétique pour le transport de passagers.

Mais la sectorisation de l'économie dans les pays occidentaux conduit à bien d'autres aberrations et engendre des gaspillages non moins importants d'énergie dans plusieurs autres domaines d'activité que les transports.

En des temps où 26% du pétrole importé en France servent au chauffage des habitations et des locaux commerciaux, on peut se demander par exemple quels arguments s'opposent au couplage du chauffage urbain avec le circuit de refroidissement des centrales électriques. Cela permettrait, en sus d'une économie considérable d'énergie, une réduction spectaculaire de la pollution thermique des eaux dans lesquelles les basses calories sont dispersées en pure perte. Comme les centrales électriques sont situées en règle générale à proximité des grandes agglomérations, lesquelles consomment *pro parte* le courant produit pour le chauffage des locaux, il serait plus logique de récupérer les basses calories incapables de produire un travail, afin de les utiliser dans ce but et réserver l'électricité aux usages pour lesquels elle est irremplaçable.

La production industrielle constitue le secteur d'activité énergivore par excellence. Le gaspillage d'énergie y sévit de façon chronique même s'il est moins apparent que dans d'autres domaines.

Un examen attentif des processus de fabrication dans des industries aussi dif-

férentes que la métallurgie et la chimie montre qu'à de rares exceptions près la conception des équipements de production, leurs méthodes d'utilisation ne sont pas destinées à économiser l'énergie. Il est vrai qu'en règle générale son prix, avant 1973, ne constituait pas un poste important des coûts de production.

En conclusion, la réflexion de l'écologiste sur l'économie de l'énergie conduit à une mise en cause radicale des principes mêmes de la stratégie industrielle dans notre civilisation.

Repenser totalement les méthodes de production, calorifuger les bâtiments de façon correcte, construire par exemple des automobiles plus solides, donc plus durables, produire en général des objets plus robustes, supprimer totalement cette inflation de «gadgets» obsolescents et superflus à laquelle on assiste depuis quelques années, tout cela suppose bien des mutations.

Etablir de nouvelles structures industrielles dont la finalité serait des productions économes en énergie tant à la fabrication qu'à l'usage, redéployer l'activité vers des fabrications «qualitatives» comportant une forte valeur ajoutée et nécessitant relativement peu d'énergie et de matières premières, tout cela implique un bouleversement complet de notre économie fondée au contraire sur une incitation systématique au renouvellement fréquent des biens de consommation... voire de production! La recherche inconditionnelle du profit à court terme avec pour critère unique de l'efficacité économique une incessante minimalisation des prix de revient conduit notre civilisation vers un cul-de-sac évolutif. Quand tiendra-t-on compte dans l'évaluation des coûts de production du poids relatif de divers procédés de fabrication réputés «rentables» sur l'environnement et les ressources naturelles?

Ces diverses réflexions rendent les écologistes sceptiques sur l'aptitude de notre civilisation à donner, dans ses structures actuelles, une solution rationnelle aux problèmes énergétiques. F.R.

## Auteurs des articles du présent numéro

Mr Rolf Hansen  
Minister of Environment  
Myntgaten 2  
N-Oslo Dep Oslo 1

Mr Richard H. Johnson  
Director  
Energy Resources Limited  
79 Baker Street  
GB-London W1M 1AJ

Dr Lucas Reijnders  
Stichting Natuur en Milieu  
Schaep en Burgh  
Noorderinde 60  
NL 1243 JJ's-Graveland

M. André Berger  
Professeur  
Institut d'astronomie et de géophysique  
Georges Lemaître  
2, chemin du Cyclotron  
B-1348 Louvain-La-Neuve

M. Paolo Venditti  
Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare  
Viale Regina Margherita, 125  
I-00198 Roma

Dr Bragi Arnason  
Professor  
Science Institute  
University of Iceland  
Dunhaga 3  
ISL-107 Reykjavik

M. Hans J. de Koster  
Président de l'Assemblée parlementaire  
Conseil de l'Europe  
B.P. 431 R6  
F-67006 Strasbourg Cedex

M. Bernard Dupont  
Président de la Conférence des pouvoirs locaux  
et régionaux de l'Europe  
Conseil de l'Europe  
B.P. 431 R6  
F-67006 Strasbourg Cedex

M. Hans Weiss  
Fondation suisse pour la protection  
et l'aménagement du paysage  
Rabbentalstraße 45  
CH-3013 Bern

Mr. Erik Hoffmann  
The Danish Institute for Fisheries  
and Marine Research  
Charlottelund Castle  
DK-2920 Charlottelund

Univ.-Prof. Dr. Franz Wolkingner  
Österreichische Akademie der Wissenschaften  
Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz  
Heinrichstraße 5/III  
A-8010 Graz

M. François Ramade  
Professeur  
Université de Paris-Sud - Centre d'Orsay  
Laboratoire de zoologie  
Bâtiment 442  
F-91405 Orsay Cedex

## Agences nationales du Centre

**AUTRICHE**  
Mag. Dr Stefan PLANK  
Österreichische Akademie  
der Wissenschaften  
Institut für Umweltwissen-  
schaften und Naturschutz  
Heinrichstraße 5/III  
A - 8010 GRAZ

**BELGIQUE**  
Ing. Marc SEGERS  
Ministère de l'Agriculture  
Administration des Eaux et Forêts  
29-31, chaussée d'Ixelles  
B - 1050 BRUXELLES

**CHYPRE**  
Nature Conservation Service  
Ministry of Agriculture and  
Natural Resources  
Forest Department  
CY - NICOSIA

**DANEMARK**  
Mr. Claus Helweg OVESEN  
National Agency for the  
Protection of Nature,  
Monuments and Sites  
Ministry of the Environment  
Fredningsstyrelsen  
13 Amaliegade  
DK - 1256 COPENHAGEN K

**FRANCE**  
Direction de la Protection  
de la Nature  
Ministère de l'Environnement  
et du Cadre de Vie  
14, boulevard du Général-Leclerc  
F - 92521 NEUILLY-SUR-SEINE

**RÉPUBLIQUE  
FÉDÉRALE D'ALLEMAGNE**  
Deutscher Naturschutzring e. V.  
Bundesverband für Umweltschutz  
Kalkuhlstraße 24  
Postfach 32 02 10  
D-5300 BONN-OBERKASSEL 3

**GRÈCE**  
M. Byron ANTIPAS  
Secrétaire général  
Société hellénique pour la  
protection de la nature  
9, rue Kydathineon  
GR - ATHÈNES 119

**ISLANDE**  
Mr Arni REYNISSON  
Director  
Nature Conservation Council  
Laugavegi 13  
ISL - REYKJAVIK

**IRLANDE**  
Mr D. J. O'CROWLEY  
Department of Fisheries and Forestry  
Forest & Wildlife Service  
Leeson Lane  
IRL - DUBLIN 2

**ITALIE**  
Dr ssa E. MAMMONE  
Ministero dell'Agricoltura  
Ufficio delle Relazioni internazionali  
9, via XX Settembre  
I - 00187 ROMA

**LIECHTENSTEIN**  
Ing. M. F. BROGGI  
Liechtensteinische Gesellschaft  
für Umweltschutz  
Heiligkreuz 52  
FL - 9490 VADUZ

**LUXEMBOURG**  
M. Charles ZIMMER  
Conseil supérieur de la Nature  
Direction des Eaux et Forêts  
34, avenue de la Porte-Neuve  
B. P. 411  
L - LUXEMBOURG-VILLE

**MALTE**  
Dr Louis J. SALIBA  
Department of Health  
and Environment  
15, Merchants Street  
M - VALLETTA

**PAYS-BAS**  
Ir. Chr. Maas GEESTERANUS  
Ministerie van C R & M  
Sir Winston Churchillaan 362  
Postbus 5406  
NL - 2280 HK RIJSWIJK (ZH)

**NORVÈGE**  
Mr Thorstein DREYER  
Ministry of the Environment  
Myntgaten 2  
N - OSLO DEP OSLO 1

**PORTUGAL**  
M. Rui FREIRE DE ANDRADE  
Presidente da Direcção  
Liga para a Protecção  
da Natureza  
Faculdade de Ciências  
58 rua Escola Politécnica  
P - LISBOA 2

**ESPAGNE**  
M. Pedro de MIGUEL GARCIA  
Subdirector General de Formacion  
Ministerio obras Públicas y Urbanismo  
Subsecretaria ordenacion  
Territorio y Medio Ambiente  
Paseo de la Castellana  
E - MADRID 3

**SUÈDE**  
Mrs Anne von HOFSTEN  
National Swedish Environment  
Protection Board  
P.O. Box 1302  
S - 171 25 SOLNA

**SUISSE**  
Dr J. ROHNER  
Ligue suisse  
pour la protection de la nature  
Wartenbergstraße 22  
Case postale 73  
CH - 4020 BÂLE

**TURQUIE**  
Mr Hasan ASMAZ  
President of the Turkish Association  
for the Conservation of Nature and Natural Resources  
Menekse sokak 29/4  
Kizilay  
TR - ANKARA

**ROYAUME-UNI**  
Miss S. PENNY  
Librarian  
Nature Conservancy Council  
Calthorpe House  
Calthorpe Street  
GB - BANBURY, Oxon, OX16 8EX



(Photo G. Lacoumette)

Tout renseignement concernant Naturopa, le Centre européen d'information pour la conservation de la nature ou le Conseil de l'Europe peut être fourni sur demande adressée au Centre ou aux agences nationales respectives dont la liste figure ci-dessus.

