l'énergie nucléaire et l'environnement

Le présent numéro du Bulletin contient une série d' articles
consacrés à divers aspects du double problème que pose d' une part l' utilisation de l' énergie nucléaire pour la production d' électricité et,
d' autre part, la nécessité de protéger l' environnement et de conserver les ressources naturelles pour que l' humanité puisse en bénéficier.
Cet article d' introduction a été préparé par M. Glenn T. Seaborg, ancien président de la Commission de l' énergie atomique des Etats-Unis,
maintenant Président de l' Université de Californie, à Berkeley.

Dans maintes discussions sur la question de la qualité de l'environnement, il semble que l'on admette actuellement – soit tacitement, soit explicitement – que le maintien de la qualité de l'environnement et une abondante production d'énergie s'excluent mutuellement. Ce principe est énoncé catégoriquement par Garrett DeBell sous la forme: «toute énergie pollue». De tels slogans ont pour objet tout à fait légitime d'appeler l'attention du public sur un problème important et peuvent même faire hésiter certaines personnes à acheter des appareils électriques qui ne leur sont pas absolument nécessaires. Tout cela est très bien, mais on risque aussi, en présentant l'énergie comme l'ennemi, de détourner l'attention du vrai problème et même d'aller à l'encontre d'un environnement «propre».

Les arguments en faveur d' une restriction de la consommation totale d' énergie sont en substance les suivants : le fait que l' on peut acquérir et utiliser si facilement de l' énergie à si bon marché, quoiqu' aux dépens de notre environnement, nous a conduits à la mettre au service d' une population en expansion rapide par l' intermédiaire d' une consommation croissante de biens et de services par habitant, lesquels résultent le plus souvent de technologies nuisibles à l' environnement et ne contribuent pas à améliorer la qualité de la vie. Par conséquent, si l' on freine cette utilisation sans discernement et néfaste de l' énergie, on éliminera ces technologies, on trouvera des solutions de remplacement moins nocives et l' homme et la nature s' en porteront beaucoup mieux.

Cette argumentation contient une part de vérité : nous avons effectivement produit et utilisé des sources d' énergie d' une manière qui nuit à l' environnement. Et on a mis au point et favorisé des technologies qui, on s' en rend compte maintenant, n' améliorent pas la qualité de la vie, bien au contraire. Personne ne peut nier que l' on devrait diminuer la consommation d' énergie lorsque celle-ci est un gaspillage inutile. Par bonheur, il semble que l' on observe de plus en plus dans notre société une certaine régression de la mode des «gadgets» en faveur de valeurs plus durables et l' on constate déjà certains contre-courants qui pourraient affecter le

taux de croissance de la consommation d' énergie ; cette tendance se traduit de bien des manières, depuis le fait d' acheter des voitures plus petites et d' utiliser davantage les transports en commun, jusqu' à la recherche d' un style de vie rural. On peut espérer que ces nouvelles attitudes sociales renforceront la tendance historique à longue échéance vers une diminution de la consommation d' énergie par unité de produit national brut (PNB). Mais il est indispensable d' examiner les aspects quantitatifs de cette question : combien d' économies peuvent être réalisées si l' on diminue ou élimine les utilisations que la société peut raisonnablement considérer comme non indispensables ? Quelles utilisations resisteront à tous les critères de l' indispensable et quelle sera l' ampleur de l'accroissement des utilisations essentielles d' énergie auxquelles nous pourrons assister à mesure que les secteurs moins développés de la population mondiale se rapprocheront d' une situation de relative opulence et que la population augmentera, au cours des prochaines décennies, dans les proportions prévues ?

On peut alors se demander ce qu' il faut considérer comme non essentiel. Si l' on peut se passer de brosses à dents électriques, peut-on estimer que les climatiseurs ne sont pas indispensables ? Si l' on renonce aux brosses à dents électriques tout en conservant les climatiseurs, quelle quantité d' énergie économisera t-on ? C' est une erreur commune de croire que la prolifération des petits appareils électriques domestiques entraîne une grande consommation d' électricité. En fait, l' utilisation intermittente de ces appareils de faible puissance ne représente qu' une très faible fraction de la demande totale. Ce sont plutôt les climatiseurs, les radiateurs électriques, les machines à laver, les séchoirs de linge, sans parler des postes de télévision, qui créent l' essentiel de la demande d' énergie pour les usages domestiques. Aux Etats-Unis, 28% de l' augmentation de la consommation domestique d' énergie au cours de la dernière décennie a pu être imputée directement à la climatisation et au chauffage des locaux.

Ainsi on peut estimer d' une manière réaliste nos besoins croissants d' énergie. Cela n' implique cependant pas que l' on préconise une augmentation incontrôlée de la population ou une consommation illimitée d'énergie. Il faut au contraire mettre des limites à la production et à l' utilisation d' électricité et aux manières dont elle est produite et utilisée, en tenant compte de leur incidence générale sur la société et sur l' environnement. La plupart des techniques, y compris celles de la production d' énergie, peuvent être considérablement améliorées si on est prêt à payer le prix, de manière à pouvoir profiter de leurs avantages sociaux en supportant les charges que l' on payait jusqu' ici sous forme de dégâts causés à l' environnement.

On doit aussi s' efforcer de stabiliser la population mondiale pendant les décennies qui viennent et constituer ce que plusieurs scientifiques politiques appellent une «société stable». Cette société – inévitablement extrêmement technologique – dépend de l' adhésion à une philosophie de recyclage impliquant un contrôle des matières utilisées, des produits, de l' utilisation et des effets secondaires de toute production, si bien que l' humanité fonctionnera physiquement dans un circuit fermé dans lequel son écologie artificielle sera compatible avec l' écologie naturelle.

On peut admettre que l' on atteindra un jour une société stable, mais on doit aussi bien comprendre qu' il y a un long chemin à parcourir avant d' atteindre de ce but. Le monde actuel est caractérisé par le fait que deux milliards de personnes ont faim ou souffrent de diverses formes de malnutrition, que les logements sont tout à fait insuffisants dans beaucoup de régions même dites développées, que l'organisation urbaine et les transports en commun doivent être revus et que des contrôles de l' environnement – dont beaucoup nécessiteront des dépenses additionnelles d' énergie – seront nécessaires pour diminuer les contraintes écologiques. Si l' on tient compte de tout cela, on doit comprendre qu' il s' écoulera encore plusieurs décennies – peut-être un demi-siècle ou davantage – pendant lesquelles on assistera à une augmentation inévitable de la population, avant que celle-ci puisse se stabiliser (si possible à quelque 7 ou 8 milliards d' habitants), vivre en paix, et jouir de la stabilité et d' un niveau de vie général acceptable.

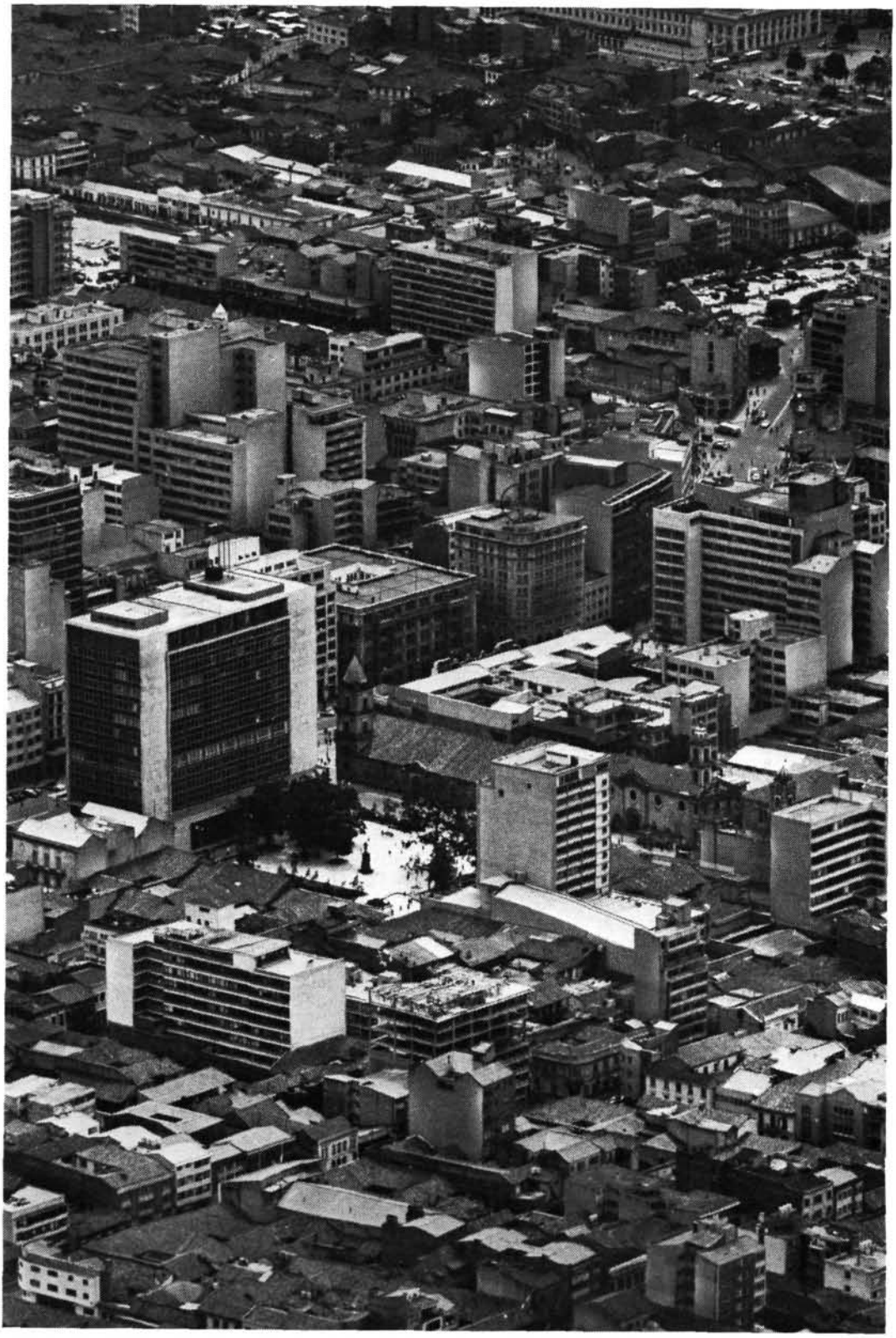
La plupart de nos techniques grandes consommatrices d'énergie n'ont pas été mises au point simplement parce que l'on disposait d'énergie rentable. Nos rues ne sont pas remplies de voitures parce que l'essence est bon marché ; on n'a pas inventé la climatisation simplement parce que l'on disposait d'électricité à des prix raisonnables ; on n'utilise pas l'aluminium, le ciment et les matières plastiques seulement parce que l'on dispose de l'énergie nécessaire pour les produire. Tous ces progrès technologiques ont en lieu parce qu'ils satisfaisaient des besoins ressentis par la société. Certains de ces besoins, on le constate, sont moins essentiels que d'autres. Mais ce sont des besoins véritables que ces technologies ont permis de satisfaire et continuent à satisfaire. Beaucoup de mêmes besoins sont ressortis aujourd'hui par les pays en voie de développement économique. Dans l'ensemble, les peuples qui ont un approvisionnement insuffisant en énergie n'ont pas l'intention de le rester plus longtemps que leur pauvreté ne l'exige. Il y a tout un monde de rêves non réalisés, d'espoirs de posséder des appartements climatisés, de bons moyens de transport, de produits de consommation utiles. Ces demandes sont aussi naturelles qu'elles sont fermement proclamées et il est peu probable qu'elles puissent être annulées par les bien pourvus au nom de l'amélioration de l'environnement. Considérer l'énergie comme l'ennemi, alors qu'elle est la clé de l'amélioration des conditions de vie de nombreuses populations du monde, reviendrait à déclarer que l'homme est son propre ennemi. Il n'y a rien à gagner à se cacher la réalité des pays en voie de développement ; en fait, il y a beaucoup à perdre. Nous devons reconnaître que les hommes ont légitimement besoin à la fois d'énergie et d'un bon environnement. Dans ces limites, ces objectifs ne sont pas incompatibles. Ce n'est pas l'énergie qui est l'ennemi, c'est l'énergie «sale».

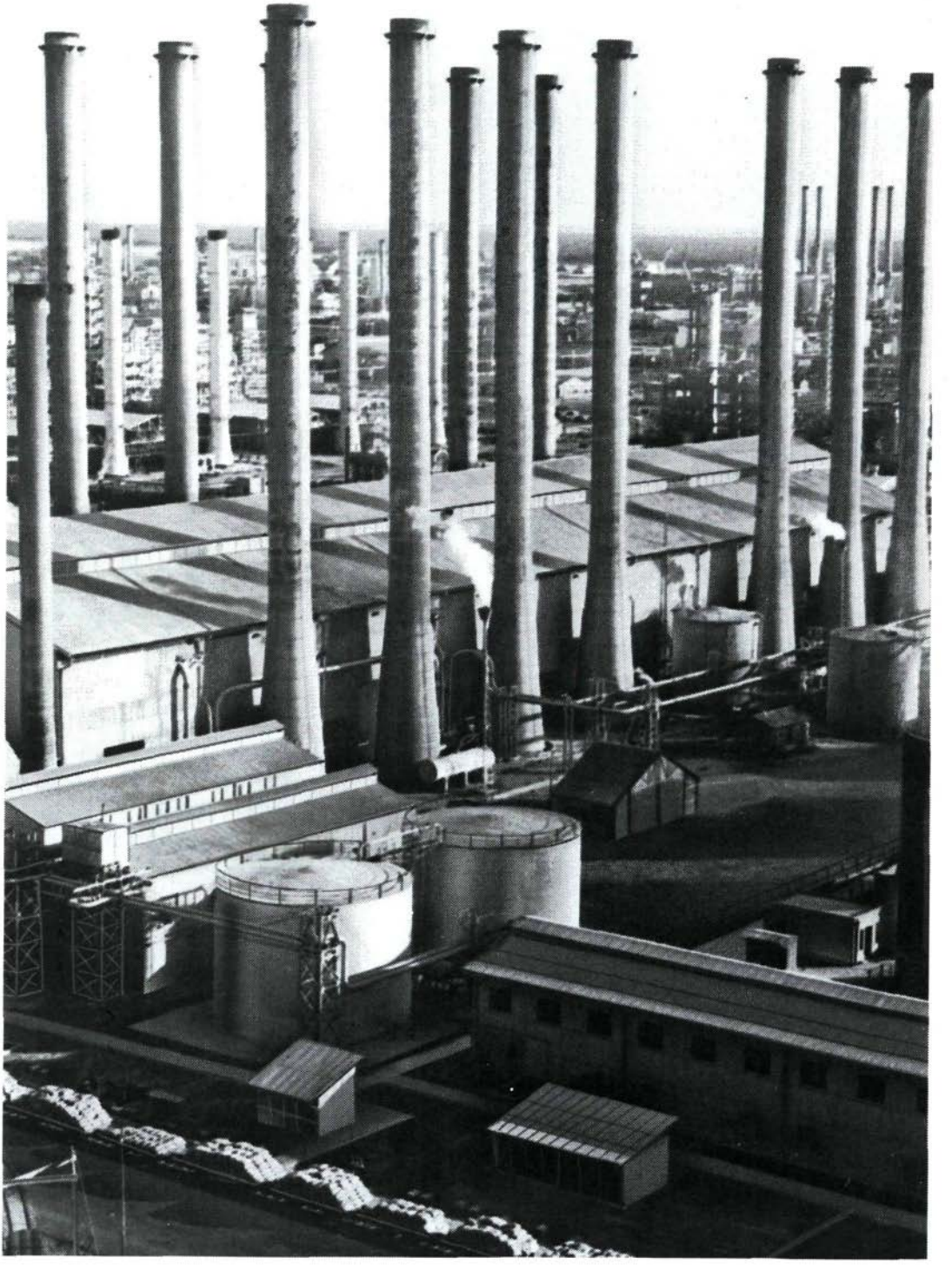
Examinons cette demande d'énergie dans la mesure où elle concerne l'électricité, qui représente une partie de plus en plus grande de la consommation énergétique totale. L'électricité ne représente encore aux Etats-Unis qu'un quart environ de l'énergie primaire totale consommée. Et, lorsque les utilisations de l'électricité se multiplient, cette croissance se fait au détriment d'une utilisation directe d'une source d'énergie primaire – c'est-à-dire d'un combustible comme la houille, le gaz ou le pétrole. C'est ainsi que, dans l'industrie, des procédés électrolytiques et électromagnétiques remplacent des procédés à chaud ; dans la sidérurgie, les fours électriques sont utilisés au lieu des fours classiques à oxygène, que l'on chauffe les maisons à l'électricité au lieu de les chauffer au gaz ou au mazout, et que les moyens de transport rapides à moteur électrique viendront remplacer les voitures individuelles à essence.

Comme l'électricité est une source d'énergie propre, pratique et polyvalente, la part d'énergie primaire totale qui se transforme en électricité est passée aux Etats-Unis d'environ 8% en 1920 à quelque 25% aujourd'hui. On pense que ce pourcentage atteindra plus de 30 en 1980, 40 en 1990 et environ 50% à la fin du siècle. Sur quoi repose cette prévision qu'en l'an 2000 la moitié de toute l'énergie produite sera électrique? Ce n'est certainement pas sur l'hypothèse que chaque maison sera pleine de brosses à dents électriques, mais que les foyers équipés de grands appareils le seront plus complètement et qu'un plus grand nombre de foyers seront équipés. En ce qui concerne le secteur industriel, on doit signaler l'importance de l'augmentation considérable des utilisations de l'énergie qui amélioreront notre environnement. Ce seront notamment les transports en commun électriques, les usines de traitement de l'eau et des eaux usées, les techniques visant à réduire la pollution par les usines et les centrales électriques à combustible fossile, et les techniques de recyclage.

D'où proviendra toute cette électricité ? Pendant une trentaine d'années encore, la plus grande partie sera produite à partir de la houille. L'avènement de l'énergie nucléaire comme principale source d'électricité aux Etats-Unis ne se fera pas en un jour. L'utilisation de la

«Nous devons reconnaître que les hommes ont légitimement besoin à la fois d'énergie et d'un bon environnement...»
Vue aérienne de Bogota. Photo : UNESCO/P. Almasy





houille augmente et continuera à le faire pendant un certain temps. Aujourd'hui, on y brûle plus de 500 millions de tonnes par an. En l'an 2000, ce chiffre dépassera 800 millions de tonnes – et atteindra peut-être le milliard – pour assurer la production des quelque 2 millions de mégawatts électriques dont on aura besoin à cette époque, selon les prévisions.

Actuellement, l'extraction, le transport et la combustion de plus de 800 millions de tonnes de charbon par an, d'une manière acceptable pour l'environnement, constituent une entreprise gigantesque. Tout spécialiste responsable en matière d'énergie ne peut que préconiser un plus grand effort dans cette voie au cours des années à venir. On devra consacrer beaucoup d'efforts et des ressources considérables à l'amélioration de la sécurité dans les mines, à la lutte contre les effets de l'extraction du charbon sur l'environnement et à l'étude de systèmes susceptibles d'alléger les problèmes que pose la combustion du charbon. Il faudra faire progresser les travaux de recherche et de mise au point sur la désulfurisation de la houille et de ses produits de combustion, sur la gazéification et la liquéfaction du charbon, sur l'étude de cycles de pointe comme la magnétohydrodynamique (MHD), sur l'exploitation des installations extérieures de la mine et autres sytèmes visant à améliorer les modes d'utilisation du charbon. Je pense qu'on peut faire des progrès importants dans tous ces domaines, mais, là encore, cela n'ira pas sans des dépenses et des efforts considérables.

Avant que j'en vienne à l'énergie nucléaire, à ses problèmes et à ses promesses, je dois mentionner le rôle des autres sources d'énergie. Je n'ai pas encore parlé de l'emploi du gaz ou des hydrocarbures pour la production à long terme d'électricité, car je crois qu'ils doivent jouer un rôle de moins en moins important dans l'avenir. Ils trouveront leurs emplois futurs non plus comme sources d'énergie, mais dans les transports et l'industrie des produits synthétiques ; et même si l'on découvrait des réserves importantes et nouvelles de houille et de gaz, elles continueraient à devenir proportionnellement moins abondantes et plus précieuses à mesure de l'augmentation de la demande d'énergie.

La houille blanche, dont provient actuellement moins de 5% de la quantité totale d'électricité, continuera à ne fournir qu'une faible fraction de l'énergie produite aux Etats-Unis, parce que nous exploitons déjà aux maximum la plus grande partie de notre potentiel hydroélectrique naturel. Du point de vue écologique, le nombre d'endroits où il est permis de construire des barrages n'est pas illimité. Beaucoup pensent que nous avons atteint la limite de ce développement.

Que dire des nouvelles sources d'énergie dont on parle aujourd'hui ? L'énergie géothermique – exploitation de la chaleur des profondeurs de la terre – est l'une des sources utilisée localement en certaines régions des Etats-Unis et ailleurs. Même en développant au maximum cette source, il est douteux que la vapeur d'origine géothermique puisse fournir plus qu'une faible fraction de l'énergie électrique dont on aura besoin dans l'avenir. Bien entendu on devrait s'efforcer d'utiliser le plus possible cette énergie que nous offre généreusement le sous-sol, mais il ne faut pas se leurrer sur son avenir.

En ce qui concerne l'énergie solaire, la situation est peut-être plus favorable. On espère mettre au point des techniques permettant de concentrer, recueillir et emmagasiner l'énergie énorme mais de faible intensité provenant du soleil dans plusieurs régions où la nébulosité est relativement faible ou même sur des cellules solaires gravitant dans l'espace ; mais il semble douteux que ces techniques soient appliqués industriellement aux Etat-Unies avant la fin du siècle, à moins que le gouvernement ne subventionne massivement l'étude de ce problème.

De même, on ne saurait compter sur l'utilisation industrielle généralisée de la fusion contrôlée comme source principale d'énergie électrique pendant les décennies qui viennent, et il

Certaines sources d'énergie comme le pétrole, dit M. Seaborg, «trouveront leurs emplois futurs dans les transports...»
Une raffinerie de pétrole à Abadan (Iran). Photo : UNESCO/Michel Ménard

est probable qu' il faudra attendre encore assez longtemps après l' an 2000. Je ne dis pas cela parce que je n' ai pas confiance dans l' idée que la fusion contrôlée deviendra l' ultime source d' énergie utilisant un combustible en quantité pratiquement illimitée – l' hydrogène lourd des océans – mais parce que je crois qu' il faut considérer avec réalisme le laps de temps qui doit séparer la domestication de la fusion en laboratoire et toutes les étapes ultérieures – technologie, essais, réglementation et étude des sites – qui seront nécessaires avant que des centrales à fusion de dimensions industrielles se généralisent. Considérant d' une part les difficultés et peut-être les déboires imprévus que nous pourrons rencontrer au cours de ces différentes étapes et, d' autre part, les problèmes énormes qu' il faudrait surmonter si l' on comptait uniquement sur l' utilisation de la houille comme combustible jusqu' à ce que la fusion soit généralement utilisable, je ne peux pas accepter la thèse soutenue par les adversaires de la fission nucléaire d' après laquelle on devrait abandonner cette technique et essayer de passer directement des combustibles fossiles à la fusion. Les conséquences de cette tentative seraient désastreuses, tant sur le plan de l' environnement que du point de vue économique et tant sur le plan international qu' à l' intérieur du territoire des Etats-Unis.

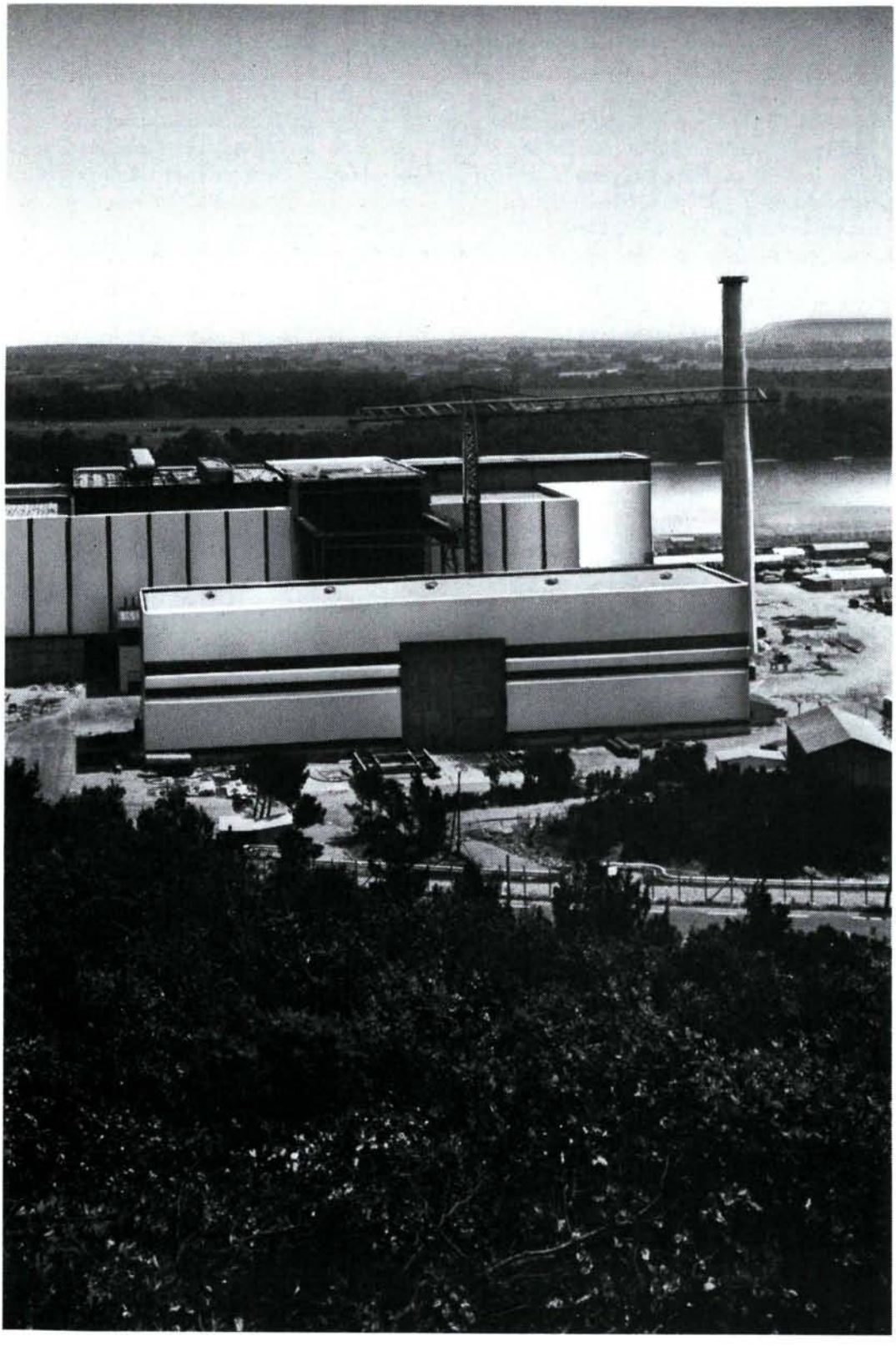
Cela dit, considérons maintenant l' avenir de l' énergie d' origine nucléaire – source propre d' électricité, caractérisée par l' absence de produits de combustion nocifs et disposant un approvisionnement en combustible de plusieurs siècles lorsque les réacteurs surgénérateurs deviendront opérationnels. En l' an 2000, nous pensons que l' énergie nucléo-électrique représentera au moins la moitié de la production totale d' électricité aux Etats-Unis. Nous espérons que, vers le milieu de la période qui reste à courir d' ici là, le premier réacteur surgénérateur à neutrons rapides industriel sera construit. L' importance de cette filière nucléaire a été soulignée par le Président Nixon dans son récent message au Congrès sur l' énergie ; il a notamment déclaré :

Notre meilleur espoir aujourd' hui de satisfaire la demande croissante du pays en énergie propre et économique, c' est le réacteur surgénérateur à neutrons rapides. A cause du rendement extrêmement élevé, qu' il permet de tirer du combustible, le réacteur surgénérateur peut prolonger la durée utile de nos ressources d' uranium naturel, qui se chiffrera par siècles et non plus par décennies, avec une incidence sur l' environnement bien moindre que celle des centrales nucléaires actuelles.

Etant donné l' importance de cette déclaration et du développement prévu des utilisations de l' énergie nucléaire en général, il est indispensable de revoir certains des problèmes liés à cette source d' électricité. Ce faisant, je m' efforcerai de placer dans leur contexte certains de doutes et certaines des appréhensions qui se manifestent dans les critiques les plus acharnées de l' énergie nucléoélectrique. L' attaque est menée sur trois fronts principaux – hormis la question de la nécessité de cette forme d' énergie – à savoir : les effets de l' évacuation des effluents radioactifs de faible activité, la sécurité nucléaire et la possibilité de graves accidents et, enfin, la gestion des déchets nucléaires de forte activité.

En ce qui concerne le premier point, les critiques commencent déjà à se calmer. On reconnaît généralement que l' exploitation des centrales nucléaires – même compte tenu du nombre de centrales prévues pour l' an 2000 – ne constitue pour l' habitant moyen qu' une fraction des variations de radioexposition qu' il subit dans son environnement naturel, par exemple lorsqu' il se déplace pour gagner un lieu d' altitude plus élevée, qu' il travaille dans un bâtiment construit avec des matériaux naturellement plus radioactifs que d'autres ou qu'il voyage plus fréquemment en avion à réaction. De nouveaux critères d'exploitation appliqués aux Etats-Unis

Les réacteurs surgénérateurs rapides joueront un rôle de plus en plus important dans la production d' énergie nucléaire au cours de la prochaine décennie. Vue générale des bâtiments du réacteur Phénix à Marcoule (France).
Photo : Commissariat à l' énergie atomique



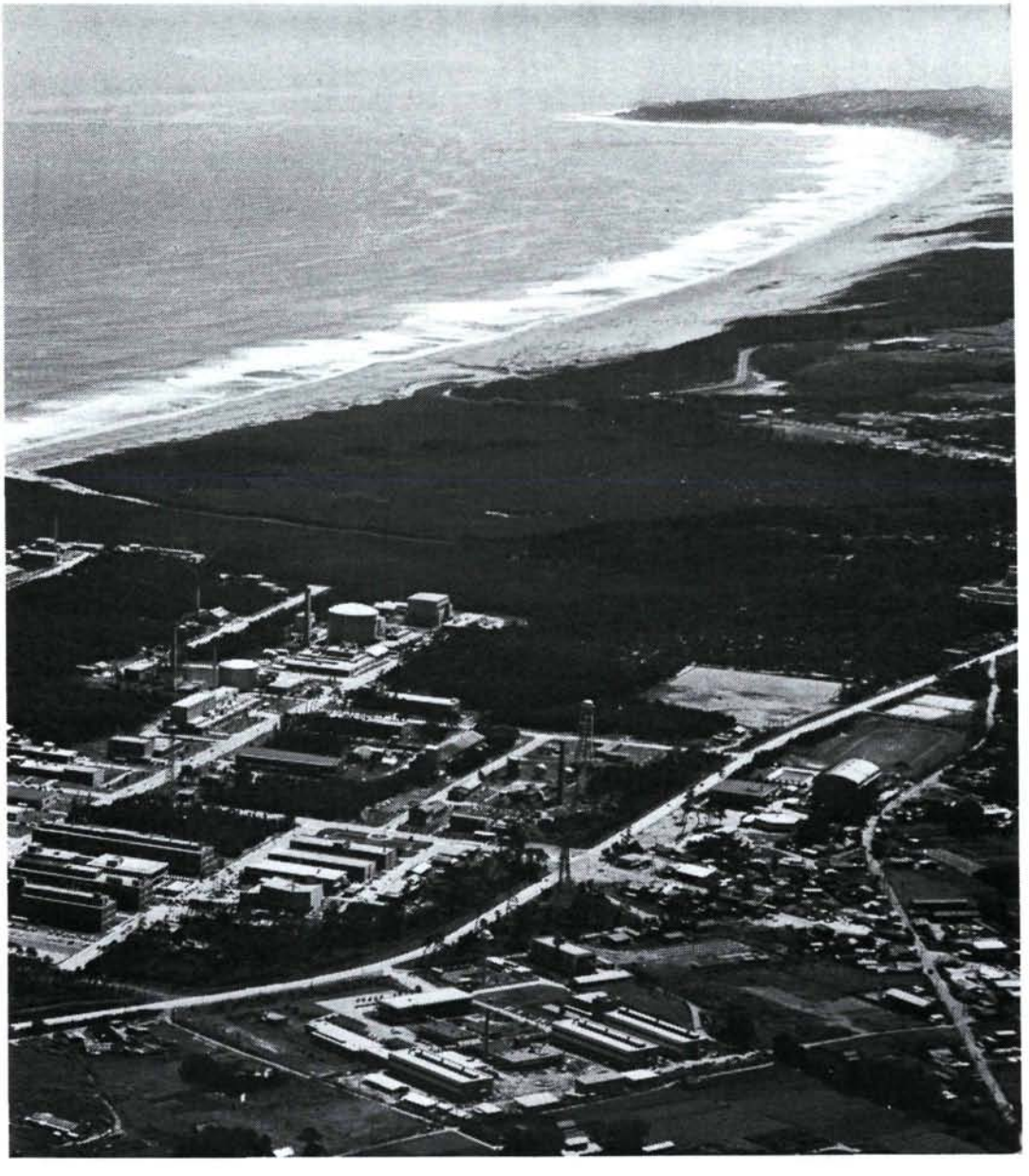
garantiront que l'exposition moyenne du public aux rayonnements due à l'exploitation de toutes les centrales nucléaires – même en extrapolant jusqu'à l'an 2000 – sera inférieure à un pour cent du rayonnement naturel total moyen.

Beaucoup de critiques des centrales nucléaires mènent maintenant leur attaque sur le terrain de la sécurité nucléaire et du risque d'accidents. Ils oublient ou écartent les années de recherche et de réalisations en matière de sécurité nucléaire et les remarquables dossiers de sécurité, et parlent rarement des perfectionnements et innovations constantes apportées à la gestion des technologies nucléaires, mais ils mettent en vedette d'hypothétiques catastrophes ou encore les quelques incidents malheureux isolés qui n'ont d'ailleurs causé aucun dommage au public. Ce que ces critiques représentent comme une technique conduisant à une catastrophe inévitable est en réalité une technique qui fait courir moins de risques à l'individu que presque toutes les activités auxquelles il se livre, auxquelles il participe inconsciemment au cours de sa vie quotidienne dans la société moderne.

Tout cela ne signifie pas qu'il n'y aura jamais d'échecs ni d'accidents parmi les centrales nucléaires qui se multiplient. Il y en aura évidemment, mais, la technologie nucléaire – qui, à cause de son origine et de sa nature, est gérée depuis ses débuts avec un plus grand soin et une plus grande intégrité que toute autre technologie – continue à se perfectionner sur les plans de l'hygiène et de la sécurité. En fait, si toutes les technologies vitales pour l'humanité – par exemple, celles qui assurent nos approvisionnements en aliments, en air et en eau – étaient jugées d'après les normes appliquées à l'industrie nucléaire, nous n'oserions probablement plus manger, ni respirer ou nous livrer à nos activités habituelles après avoir écouté les pessimistes. La technologie nucléaire est bien plus avancée que tous les autres secteurs en ce qui concerne la protection de l'environnement et de la santé publique.

Avant de conclure, j'ajouterai quelques mots à propos d'un autre sujet cher aux contempteurs de l'énergie nucléaire, à savoir l'évacuation des déchets radioactifs. On porte une attention particulière actuellement à la gestion des déchets de haute activité provenant des centrales nucléaires. Après maintes années consacrées à des travaux de recherche et de mise au point et à une planification judicieuse, on a abouti aux systèmes proposés actuellement pour la gestion des déchets nucléaires. Lorsque le combustible usé sortant d'une centrale est envoyé à une usine de retraitement, il est transporté dans des conteneurs de conception très étudiée qui ont fait l'objet d'essais rigoureux. Il faut citer notamment les essais visant à demontrer que ces emballages pourront résister à des accidents graves et conserver leur intégrité, telles les épreuves de chute du haut d'une tour ou d'un hélicoptère sur une dalle de béton ou l'exposition à des feux de très haute température pendant des heures.

A l'usine de retraitement, après récupération du précieux plutonium, de l'uranium non brûlé et de certains produits de fission utiles, le reste des déchets est stocké dans des réservoirs souterrains. A l'avenir, ces réservoirs ne seront pas le receptacle définitif. Depuis plus de dix ans, la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis a mis au point des systèmes visant à convertir ces déchets liquides en des solides qui n'occupent qu'une faible fraction du volume liquide. La CEA a également mis au point une méthode visant à enterrer ces déchets solides dans des formations salines souterraines qui sont sèches et constituent les couches géologiquement les plus stables connues. Un matériel spécial a été réalisé pour manipuler les récipients contenant ces déchets solides et les enfouir à des profondeurs de plus de 300 mètres, loin de toute masse d'eau souterraine.

Nombreuses sont les personnes intelligentes qui se sont posé des questions sur l'énergie d'origine nucléaire et lui ont adressé des critiques. En rendant hommage à leur sincérité, à leur intégrité et à leur esprit de coopération, la Commission de l'énergie atomique des Etats-Unis s'est entretenue et a collaboré avec des milliers de personnes et d'organisations – des conservateurs et des défenseurs de l'environnement, des hommes d'affaires et des avocats, des

fonctionnaires, des hommes de science et des profanes. Ces échanges de vues ont abouti à une meilleure compréhension, à des compromis importants et à ce que je crois être des mesures bien fondées devant améliorer encore les conditions de production de l'énergie nucléoélectrique dont dépend de plus en plus l'avenir de notre planète.