

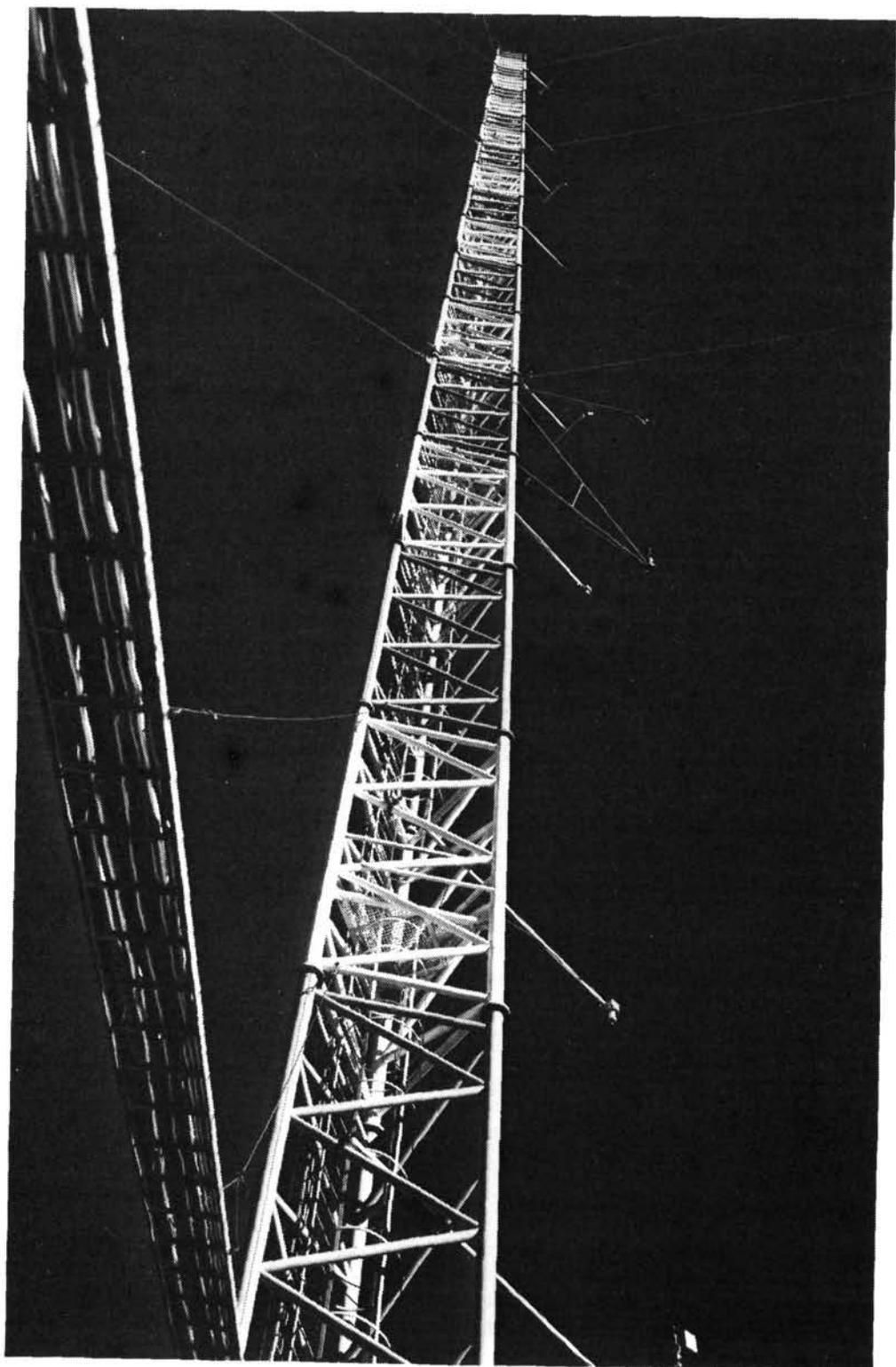


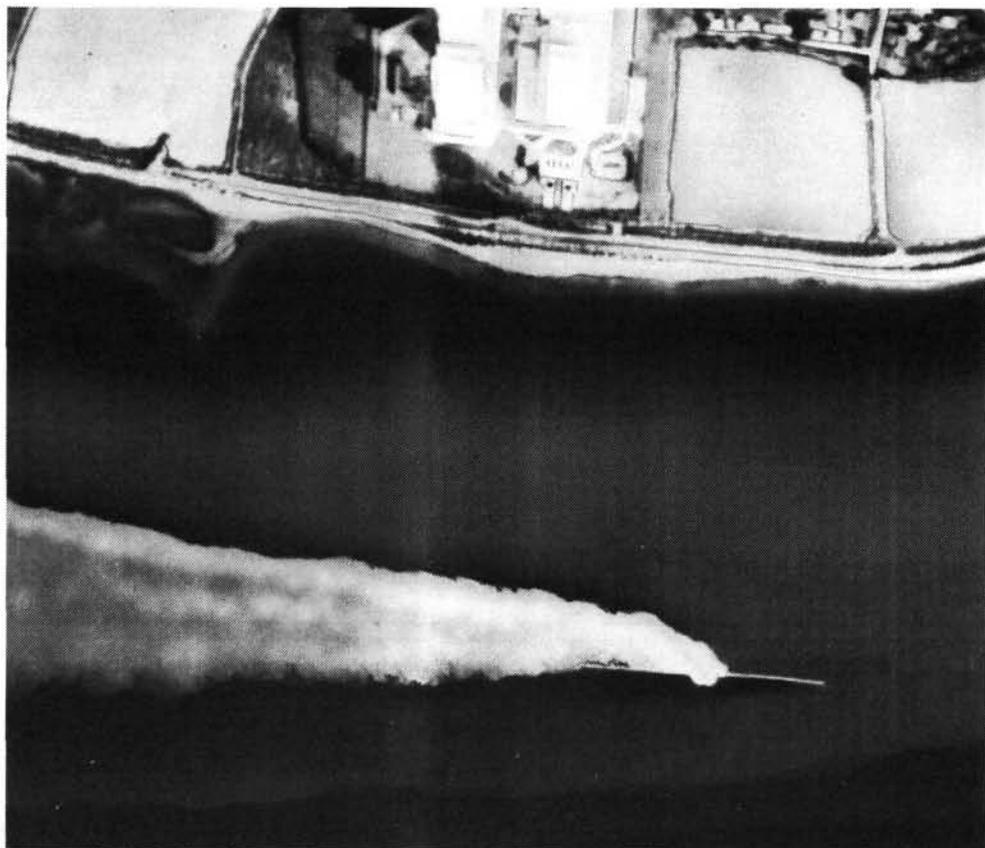
Effets sur le milieu des dispositifs de refroidissement et des rejets thermiques des centrales nucléaires

Le problème des effets sur le milieu des rejets thermiques des centrales électriques n'est certainement ni nouveau, ni même particulier à la production d'énergie nucléo-électrique par des réacteurs à fission. Toute centrale thermique pose le problème de la gestion de la chaleur résiduelle et d'une dégradation possible de l'environnement humain. Cependant, bien qu'il ne s'agisse pas là d'un problème nouveau, il se pose désormais de façon particulièrement grave pour deux raisons principales: d'une part, l'homme a une conscience plus aigüe de la nécessité de préserver la qualité de son environnement et, d'autre part, la croissance de la demande d'énergie électrique a pris une importance sans précédent.

Ces dernières années, différents organismes nationaux ou internationaux ont tenté d'évaluer la rapidité du rythme de croissance de la demande d'énergie qui sera nécessaire au maintien et à l'amélioration de la qualité de la vie pour une population mondiale en expansion. Ces évaluations doivent être périodiquement révisées, notamment en ce qui concerne l'énergie d'origine nucléaire, étant donné la sensibilité que manifeste l'économie mondiale à toute modification du coût des ressources énergétiques. La forte augmentation des prix du pétrole qui vient de se produire a beaucoup accru l'intérêt que présentent les possibilités de production d'électricité offertes par l'énergie d'origine nucléaire. Même si le prix du pétrole devait diminuer tant soit peu, le prix de l'électricité d'origine nucléaire restera concurrentiel par rapport à celui de l'électricité produite à partir du charbon, du pétrole et des autres sources d'énergie, et elle gardera cet avantage même pour des centrales de dimensions réduites, c'est-à-dire ne dépassant pas 200 MW. Dans ces conditions, un nombre croissant de pays en voie de développement s'intéresseront à l'énergie d'origine nucléaire. Des prévisions récentes de la puissance installée nucléaire indiquent que son augmentation dans le monde la fera passer de 105 GW(e) en 1975 à 5330 GW(e) en l'an 2000, avec un chiffre intermédiaire de 890 GW(e) en 1985. Pour un réacteur type à eau légère de 1000 MW(e), on estime que le rejet de chaleur résiduelle est de 12,5 milliards de thermies par an et pour les services annexes, comme le traitement du minerai d'uranium, la transformation en hexafluorure, l'enrichissement et le retraitement du combustible, le rejet de chaleur résiduelle est de 850 millions de thermies par an. En supposant un facteur de charge de 70%, le rejet total de chaleur résiduelle de la production d'énergie d'origine nucléaire serait, en l'an 2000, de 5×10^{18} thermies par an, soit 125 milliards de thermies par jour, dont 7% seulement dus aux services annexes. La nécessité de disperser cette chaleur dans l'environnement sans provoquer de perturbations inacceptables pose donc un problème extrêmement grave.

L'antenne météorologique de Studsvik, en Suède, qui enregistre la vitesse et la direction du vent ainsi que les températures pour l'étude du comportement des panaches thermiques dans l'atmosphère. ►
Photo: AB Atomenergi.





Écoulement de l'eau de refroidissement de la centrale nucléaire de Bradwell, en Angleterre; Photo aérienne en infrarouge prise à 700 mètres avec un dispositif mis au point par le Royal Radar Establishment, Malvern. Photo: U.K.A.E.A.

Le colloque a examiné notamment les problèmes suivants:

- **Dissipation de la chaleur et comportement physique des effluents thermiques dans l'atmosphère et dans différents systèmes aquatiques.**
- **Effets sur les organismes vivants et les écosystèmes des dispositifs de refroidissement et des rejets thermiques.**
- **Différentes méthodes de gestion des effluents thermiques et possibilité de consommation utile de la chaleur résiduelle.**
- **Critères pour l'établissement de normes en matière de rejets thermiques.**
- **Incidences des dispositifs de refroidissement et des rejets thermiques sur les critères du choix des sites des centrales nucléaires.**

Les mémoires présentés et leur discussion ont permis de décrire l'expérience de certains pays qui mettent en oeuvre d'importants programmes d'énergie d'origine nucléaire, ainsi que de faire connaître les conclusions auxquelles ont abouti les travaux de recherche qu'ils ont effectués; le colloque a également étudié des plans et des études, faits dans de plus petits pays, qui évaluaient les incidences thermiques sur l'environnement, que pourrait avoir l'installation dans ces pays de grandes centrales thermiques. Plusieurs orateurs ont conclu que chaque site devrait être l'objet d'un examen particulier destiné à s'assurer que les incidences de l'exploitation de la centrale seraient sans danger pour l'environnement.

Selon les rapports présentés, on a entrepris, pour répondre à l'augmentation rapide de la demande d'électricité, de construire soit des installations d'une grande puissance unitaire, soit des installations à unités multiples. En même temps, l'eau nécessaire au refroidissement des condenseurs de ces grandes installations, notamment dans les systèmes à passage unique, se fait plus rare à mesure qu'augmentent les besoins en énergie. C'est ainsi qu'en Angleterre plus de 300 tours de refroidissement fonctionnent à l'heure actuelle pour contrôler les rejets thermiques; en République fédérale d'Allemagne et en Union soviétique, on trouve de plus en plus de tours de refroidissement ou de systèmes en circuit fermé, et on estime qu'aux Etats-Unis on aura besoin en l'an 2000 de plus de la moitié des eaux courantes naturelles pour refroidir les centrales thermiques.

Plusieurs études ont décrit le comportement physique et les incidences sur l'environnement des panaches visibles rejetées par les tours de refroidissement par voie humide. On a également étudié les résultats obtenus avec les tours de refroidissement à ventilation naturelle ou forcée et on a examiné les problèmes posés par la mise au point de tours de refroidissement par voie sèche. En ce qui concerne les difficultés suscitées par les rejets thermiques de sites à unités multiples, dont la capacité pourrait aller jusqu'à 40 000 MW(e), on encourage la mise au point de tours de refroidissement par voie sèche qui permettraient d'éviter les problèmes d'approvisionnement en eau que poseraient ces installations. On étudie à l'heure actuelle les perturbations atmosphériques locales que provoqueraient des rejets thermiques pouvant atteindre 80 000 MW de chaleur et provenant d'un site unique. L'installation en mer de centrales de cette importance a été envisagée comme l'un des moyens d'éviter les perturbations qu'elles risquent de provoquer dans l'environnement et qui en limitent les possibilités d'implantation; dans certaines régions côtières où le plateau continental est suffisamment étroit, on pourrait utiliser les possibilités de refroidissement offertes par le pompage des eaux profondes plus froides, procédé qui permettrait d'utiliser en même temps pour l'aquiculture la forte concentration de substances nutritives qu'elles contiennent.

Les exposés des participants ont prouvé que l'on cherche aujourd'hui à mettre au point, de façon concertée et dans le monde entier, des méthodes de conservation de l'énergie. On est arrivé à la conclusion que chaque unité d'énergie thermique économisée, non seulement contribue à prolonger notre difficile approvisionnement en combustibles, mais encore a pour effet de réduire le volume des produits résiduels de la combustion et, partant, la pollution atmosphérique et thermique. Un des moyens de conservation de l'énergie consiste à utiliser la chaleur rejetée par une installation industrielle et provenant d'une opération ou d'une conversion, et les centrales thermiques peuvent fournir cette chaleur en abondance — généralement à des températures qui se situent entre 15° et 35° — et souvent à peu de frais. Une seule centrale nucléaire de 1000 MW comportant un système de refroidissement à passage unique utilise environ 50 m³ d'eau à la seconde, ce qui correspond à la consommation totale d'une ville de l'importance de Chicago.

Un certain nombre d'applications de la chaleur résiduelle à l'agriculture et à l'aquiculture ont été également décrites. Parmi les utilisations agricoles, on peut retenir le chauffage des serres, l'irrigation à l'eau chaude, le réchauffement des sols et la protection des récoltes contre le gel. La plus grande serre du monde est probablement celle de Ploesti, en Roumanie; cette installation, qui couvre 130 hectares, consomme 400 MW de chaleur qui sont fournis par un système de chauffage à l'eau chaude.

Ce n'est que depuis peu que l'on utilise en aquiculture les effluents thermiques des centrales électriques pour maintenir des températures optimales pour la croissance et la production de poissons et de produits alimentaires d'origine marine. Sur le plan international, ce sont les Japonais qui ont ouvert la voie en démontrant les avantages que l'aquiculture pouvait retirer de l'utilisation de la chaleur résiduelle. Au cours des dix dernières années, ils ont

procédé à des expériences sur des crustacés, des anguilles, des daurades et autres poissons, en utilisant les effluents des centrales électriques thermiques. Depuis 1971, ils ont lancé un important programme d'élevage de crustacés et de poissons, auprès de la première centrale nucléaire japonaise installée par la Société japonaise d'énergie atomique. Une autre utilisation industrielle de la chaleur résiduelle en aquiculture a été réalisée avec succès par la Long Island Oyster Farms aux Etats-Unis qui se sert des effluents thermiques de la Long Island Lighting Company pour activer la croissance des huîtres pendant les premières phases de leur élevage. La période normale de croissance, qui est de 4 à 6 ans, a été réduite à une durée de 2 ans et demi à 3 ans et demi par une série de procédés qui consistent à sélectionner les espèces, collecter le frai, cultiver les larves, fixer les huîtres sur les collecteurs, puis les placer, pendant 4 à 6 mois, dans une lagune chauffée par les rejets de la centrale. Les ventes réalisées par ces entreprises correspondraient à environ 5 millions de dollars par an.

Plusieurs mémoires mentionnent les études effectuées, en laboratoire ou dans le milieu naturel, sur les effets des rejets thermiques sur les organismes vivants. La mise au point par le laboratoire national d'Oak Ridge d'un émetteur d'ultrasons sensible aux variations de température et pouvant être fixé sur un poisson laissé en liberté a permis de procéder à des études approfondies sur la tendance des poissons à choisir certaines zones dans les gradients de température. Le dispositif placé sur le poisson se compose d'un circuit électronique dans un boîtier cylindrique recouvert de caoutchouc siliconé, muni d'une sonde à thermistor fixée sur une antenne souple. Les signaux peuvent être reçus dans des conditions suffisamment bonnes pour que l'on puisse décoder avec précision les indications de température jusqu'à une distance de 800 à 1200 m par mer calme, et l'émetteur a une durée utile théorique de 5 mois. En utilisant ce dispositif, on a réuni de nombreuses données intéressantes sur le choix effectué par les poissons en présence des gradients de température, et ces travaux se poursuivent. Une autre étude portait sur la réaction des poissons du lac Michigan aux rejets thermiques d'une centrale nucléaire, et l'on a également examiné les effets de l'augmentation de la chaleur sur la vitesse de reproduction des espèces et sur la production primaire du plancton d'eau douce. L'écologie des rivières, des étangs et des réservoirs chauffés artificiellement a été décrite dans un document qui rapportait des études effectuées à la centrale de Savannah River aux Etats-Unis. Les discussions ont fait ressortir la nécessité croissante de poursuivre des recherches et des études sur les effets des rejets thermiques sur les organismes vivants, afin de réunir tous les renseignements nécessaires pour élaborer des critères qui serviront à définir des normes pour les rejets thermiques et qui aideront aussi à choisir les sites d'implantation des centrales électriques.

On s'est également demandé s'il valait mieux définir des critères ou fixer des normes. En effet, dans certaines centrales étudiées on a observé que les rejets thermiques agissaient sur l'environnement. Certains de leurs effets étaient manifestement nuisibles; d'autres, probablement bénéfiques et, dans un grand nombre de cas, ils étaient d'une nature très incertaine. Etant donné qu'il existe probablement des effets nuisibles, certaines limites doivent être définies afin d'empêcher ceux qui se préparent à construire des centrales d'aller trop au-delà de ce qui pourrait être bénéfique, sans conséquence ou nuisible. Le vrai problème est de savoir quel genre de critère adopter. Jusqu'à quel point doivent-ils être détaillés? Où doivent-ils être appliqués? Tandis qu'on discute de ces problèmes, on construit des centrales électriques — et il faut qu'on en construise — et l'on court le risque, soit de définir trop tôt des critères insuffisants, soit de définir des critères excellents, mais trop tard. Différentes opinions se sont fait jour sur la distinction à établir entre critères et normes. Les uns disaient que les critères sont des objectifs souhaitables du point de vue social, les normes des objectifs accessibles. Une autre distinction, qui paraît plus facilement admissible, consiste à dire que les critères sont les données scientifiques sur

lesquelles peuvent se fonder des recommandations visant à faire admettre les normes éventuellement nécessaires.

Ce colloque était le premier que l'Agence ait organisé sur le problème particulier des effets sur l'environnement des dispositifs de refroidissement et des rejets thermiques; le nombre des participants et l'intérêt qu'ils ont manifesté ont prouvé que cette réunion venait en temps opportun et qu'en offrant la possibilité d'échanger des renseignements qui, dans ce domaine, sont valables pour toutes les centrales thermiques, elle prenait une valeur toute particulière.



RAPPORT CONCERNANT LA REUNION D'UN GROUPE D'ETUDE
DE L'AIEA, VIENNE, SEPTEMBRE 1974

Chaleur nucléaire utilisée à des fins industrielles et pour le chauffage urbain

Des études sur les diverses possibilités d'utilisation de la chaleur provenant des réacteurs nucléaires pour le chauffage urbain ou sous forme de vapeur industrielle ont été faites bien avant l'actuelle crise de l'énergie. Bien que ces études aient démontré que cette utilisation était techniquement possible et économiquement justifiée, la possibilité de se procurer du pétrole à relativement bon marché et les difficultés de placer une source de chaleur nucléaire dans les zones industrielles n'ont pas encouragé la poursuite des travaux dans ce domaine. L'augmentation des prix du pétrole a réveillé l'intérêt que suscitait l'utilisation de la chaleur nucléaire et un certain nombre de nouveaux secteurs potentiels ont été identifiés. A présent, il semble généralement reconnu que la chaleur provenant des réacteurs nucléaires devrait jouer un rôle important dans l'approvisionnement en énergie primaire, non seulement pour la production d'électricité, mais aussi, directement, comme chaleur industrielle.

On a reconnu jusqu'à présent trois grands domaines d'utilisation de la chaleur nucléaire (voir fig.):

- Utilisation directe de la chaleur dans les opérations industrielles exigeant une température supérieure à 800°C;
- Utilisation de la vapeur industrielle dans diverses industries nécessitant en général une température de 200 à 300°C;
- Utilisation de la chaleur résiduelle provenant des centrales nucléaires pour le dessalement de l'eau de mer et le chauffage urbain.

Cette classification est essentiellement fonction du type et des caractéristiques de la source de chaleur ou du réacteur nucléaire qui pourrait être utilisé pour une application donnée. Les réacteurs à haute température modifiés peuvent servir à l'utilisation directe de la chaleur et les réacteurs à eau légère peuvent répondre à l'essentiel de la demande de vapeur.