



Les centrales nucléaires et l'environnement

L'article que nous présentons est composé d'extraits des discussions d'une table ronde sur les problèmes de l'environnement liés à l'énergie d'origine nucléaire et sur le choix des sites des centrales nucléaires réunie le 2 octobre 1972 au Centre nucléaire, Salazar, Mexico.

Le point de vue de l'Union soviétique est exprimé par M. I.D. Morokhov:

L'expérience d'exploitation des centrales nucléaires acquise par l'URSS en vingt ans a démontré leur sûreté, tant pour le personnel exploitant que pour les populations avoisinantes.

Le contrôle de la radioactivité de ces zones n'a décelé aucune variation importante du rayonnement ambiant que l'on puisse attribuer avec certitude à la présence des centrales nucléaires.

En réalité, les rejets de substances radioactives dans l'atmosphère par les centrales nucléaires sont jusqu'à des centaines de fois inférieurs aux rejets maximaux admissibles d'après les recommandations de la CIPR.

L'eau contaminée par des matières radioactives est en règle générale décontaminée et réutilisée, et seules des quantités insignifiantes sont évacuées dans le réseau collecteur des eaux usées industrielles et domestiques.

La contamination des eaux ainsi rejetées n'excède pas les niveaux maximaux admissibles pour l'eau potable.

Les déchets liquides de haute activité sont enfouis dans des sites spécialement aménagés ou stockés sous terre.

Grâce aux mesures de protection prises pour prévenir toute contamination radioactive grave de l'environnement, les niveaux de radioactivité mesurés à proximité des centrales nucléaires en service n'ont pas du tout changé par rapport aux niveaux constatés avant le démarrage des réacteurs.

L'expérience de plusieurs années d'exploitation de centrales nucléaires nous a donc convaincus des avantages qu'elles présentent sur les centrales classiques, dont l'exploitation entraîne une pollution sérieuse de l'environnement par les produits de combustion des combustibles organiques, tels que l'anhydride sulfureux, l'oxyde de carbone, la suie et les cendres.

D'après les données réunies par le Comité d'Etat de l'URSS sur l'utilisation de l'énergie atomique, les centrales classiques d'une capacité de 1000 MW, brûlant du combustible organique, dégagent dans l'atmosphère les quantités suivantes de substances nocives (en tonnes par jour):

Substance nocive rejetée	Type de combustible		
	Charbon (consommation: 6380 t/jour)	Mazout (consommation: 4600 m ³ /jour)	Gaz (consommation: 536 000 m ³ /jour)
Anhydride sulfureux	382	145	0,04
Oxydes d'azote	60	60	34
Cendres	12	2	1,2
Oxyde de carbone	1,4	0,03	-
Radium 226	10 ⁻⁶ Ci/jour	10 ⁻⁸ Ci/jour	-

Les concentrations dans l'atmosphère, au voisinage du sol, qui résultent de ces taux de rejet, dépassent les niveaux maximaux admissibles de plusieurs centaines pour cent, à des distances allant jusqu'à 10 km du point de rejet.

En plus de la pollution locale qu'elles provoquent, les centrales classiques peuvent devenir des sources dangereuses de pollution de la biosphère.

L'Institut de géophysique appliquée de l'Administration soviétique des services hydrologiques et météorologiques a fait des prévisions sur les conditions globales du milieu jusqu'à l'an 2000, en se fondant sur des données relatives aux rejets des centrales électriques.

D'ici à la fin du siècle, les centrales classiques (d'une puissance totale de $5,5 \times 10^6$ MW) rejeteront dans l'atmosphère 60 000 000 tonnes d'anhydride sulfureux et 250 000 000 de tonnes de cendres.

Au-dessus du sol, des rejets aussi massifs pourraient d'ici l'an 2000 engendrer des concentrations atmosphériques d'anhydride sulfureux dix fois supérieures à la moyenne journalière admissible.

Le pronostic est encore plus pessimiste si l'on y ajoute les rejets effectués par les diverses industries.

On estime par ailleurs qu'à la fin du siècle, lorsque la puissance nucléoélectrique totale installée sera de $5,5 \times 10^6$ MW, la concentration annuelle moyenne de substances radioactives dans l'air n'excédera pas 10^{-3} du niveau admissible. Actuellement l'opinion publique n'est cependant pas tout à fait convaincue par les prévisions optimistes selon lesquelles la contamination radioactive de l'environnement par les centrales nucléaires sera négligeable.

L'Union soviétique consacre de grands efforts à la protection de l'environnement. Le Soviet suprême de l'URSS a adopté, au cours d'une séance terminée il y a à peine quelques jours,



La Centrale Magnox de 500 MW du Central Electricity Board construite sur la rive nord du lac Trawsfynydd dans la première qui utilise un lac comme source d'eau de refroidissement.

une résolution spéciale sur la protection de l'environnement et la conservation des ressources naturelles.

Les avantages économiques que présente l'implantation de centrales nucléaires au voisinage et même à l'intérieur des grandes villes a porté au premier plan le problème des mesures à prendre pour la radioprotection de la population avoisinante. Aussi, lorsqu'on procède au choix d'un site pour la construction d'une centrale nucléaire, consacre-t-on la plus grande attention à la protection de la population contre les effets des rayonnements et à la prévention d'une contamination de l'environnement; on y parvient en construisant des matériels et des systèmes fiables permettant de capter et de localiser les substances radioactives.

Le dégagement de chaleur a des effets sur l'environnement. Lorsqu'on choisit un site de centrale nucléaire, on tient compte du régime thermique de la masse d'eau laquelle se déversera l'eau de refroidissement de la centrale. Il faut garder présent à l'esprit que le rejet d'eau chaude peut entraîner une rupture de l'équilibre écologique du milieu



le Pays de Galles. C'est la première centrale nucléaire de Grande-Bretagne construite à l'intérieur des terres et

aquatique, accompagnée de conséquences imprévues et désagréables, telles que la destruction de certains poissons intéressants.

Néanmoins, même au point de vue de la pollution thermique de l'environnement, les centrales nucléaires devraient se révéler préférables aux centrales classiques.

Le haut potentiel énergétique des centrales nucléaires et l'utilisation de méthodes perfectionnées de conversion de l'énergie permettent un meilleur rendement de la transformation de l'énergie thermique en électricité.

Comme je l'ai déjà dit, la pollution de l'environnement peut se produire sur un plan global; la contamination radioactive de l'environnement ne fait pas exception. Les mesures prises en coopération pour protéger l'environnement, notamment contre la contamination radioactive, sont par conséquent extrêmement importantes. Aussi l'URSS se fait-elle un devoir d'appuyer sans réserve la coopération internationale en matière de protection de l'environnement et a récemment conclu avec les Etats-Unis un accord de coopération dans ce domaine.

**A la même réunion,
le contre-amiral O.A. Quihillat,
Président de la Commission de l'énergie
atomique de l'Argentine,
a fait un exposé consacré à l'installation d'une
centrale nucléaire sur la rive d'un lac**

« Je vais parler des problèmes que pose l'utilisation de l'eau d'un lac pour le refroidissement d'une centrale nucléaire. A ces problèmes, nous avons dû nous attaquer, en Argentine, lorsque nous avons décidé de construire une centrale nucléaire de 600 MW, dans le centre du pays, où un lac artificiel avait été créé il y a 30 ans pour fournir l'eau à une centrale hydroélectrique d'environ 25 MW », a-t-il déclaré.

Au début des études, on savait qu'il fallait dissiper 1 400 MW. Une règle empirique indiquait qu'un hectare de surface d'eau est nécessaire pour dissiper 1 MW. Le lac couvre environ 4 600 hectares.

Le plan du lac est à 657 mètres au-dessus du niveau de la mer, et son volume de 550 hecta-mètres cubes. La profondeur moyenne est de 12 mètres et la profondeur maximale de 40 mètres. Le lac est alimenté par trois rivières, dont le débit varie de 1,4 m³/s à 2 600 m³/s, le débit moyen étant de 26,4 m³/s.

Le site finalement choisi, qui se trouve à proximité du milieu de la rive sud présente un problème en ce sens qu'il est difficile de situer les points de prise et de rejet permettant de disposer d'une surface maximale pour le refroidissement.

L'étude des caractéristiques dynamiques de l'eau du lac, à l'aide d'un modèle mathématique, montre qu'il est possible d'installer une centrale nucléaire, même si l'on n'utilise que la moitié de la surface du lac.

Parallèlement, on a mené des études climatologiques, géologiques, stratigraphiques, sismologiques, radiologiques, écologiques et aussi des études sur l'environnement.

Les problèmes écologiques liés au rejet de l'eau chaude du condenseur dans le lac et la détermination des températures maximales d'évacuation ont présenté à cet égard un intérêt particulier. Des études sur la survie du poisson et le taux de croissance de certaines algues, effectuées dans des aquariums à température constante, il ressort que le poisson *Basilichthys bonariensis* (une variété de maquereau) était l'espèce « critique », supportant le moins bien le choc thermique. Des poissons de cette espèce, transférés d'une température de 13°C dans l'eau à 27°C survivent pendant 55 minutes, alors que les poissons que l'on laisse s'acclimater à 16°C survivent en moyenne 138 minutes; cette survie était même supérieure pour une distribution thermique non-homogène.

Etant donné la nette stratification thermique verticale du lac, le poisson n'aurait besoin de survivre que pendant 10- 12 minutes dans la couche d'eau chaude, temps suffisant pour se déplacer vers des eaux plus froides.

Deux difficultés demeurent: la détermination des coefficients empiriques nécessités pour certaines formules, et l'obtention d'une approbation générale par un expert compétent.

C'est M. Spurr, du Central Electricity Generating Board, Londres, dont les services ont été fournis sous l'égide de l'AIEA, qui a donné l'avis favorable.

Le comportement d'une grande masse d'eau soumise à une charge thermique artificielle, telle que l'eau chaude provenant des condenseurs d'une centrale électrique, est simplement une extension du comportement naturel d'un lac sous l'influence de la chaleur naturelle, due au soleil; il faut faire un bilan thermique entre l'apport combiné de chaleur du

soleil et de la centrale et l'accroissement du taux de pertes thermiques, qu'il est commode d'exprimer en watts par mètre carré.

L'apport naturel de chaleur solaire est le rayonnement total, direct et diffus, de courte longueur d'onde atteignant la surface de l'eau, plus le rayonnement de grande longueur d'onde, provenant de l'atmosphère.

Les pertes thermiques sont la somme de la perte de chaleur par rayonnement réfléchi de grande longueur d'onde, de l'évaporation, de la conduction, la convection, la chaleur apportée ou enlevée à l'eau par advection, et la chaleur emmagasinée dans l'eau.

On peut appliquer au rayonnement réfléchi la loi de Stephan. Plusieurs équations empiriques, basées sur les formules de Dalton, permettent de calculer l'évaporation. Quant aux pertes de chaleur et l'évaporation, notables, de la surface de l'eau, elles peuvent être reliées par une constante, appelée rapport de Bowen.

La différence entre les chaleurs apportées par advection dans le lac naturel et dans le lac artificiellement réchauffé étant négligeable — ce qui est aussi vrai pour les différences des chaleurs emmagasinées — il a été possible de poser l'équation du bilan thermique du lac uniquement en termes de température et de vitesse du vent.

Connaissant la température naturelle de l'eau et la vitesse du vent pour une certaine période, ainsi que la surface du plan d'eau utilisé pour le refroidissement, cette équation permet de calculer la température de l'eau à l'équilibre, pour un rejet donné de chaleur par une centrale électrique.

Dans un lac traversé par un cours d'eau, on observe une décroissance continue de la température entre la centrale et le débouché du lac, aussi a-t-on établi une équation donnant le taux de baisse de la température le long de la surface du lac, en fonction de la superficie.

Un réservoir se comportera comme un bassin de refroidissement traversé par un courant, si l'on canalise l'eau ou si l'on fait traverser à celle-ci une série de bassins avant d'atteindre le point d'adduction.

A ce stade des études, on disposait déjà, en plus des mesures climatologiques courantes, de mesures systématiques de la température du lac, à des profondeurs et points à la surface divers. La température mensuelle maximale, 25°C, est atteinte en février, alors que la température à une profondeur de 15 mètres ne dépasse pas 23°C.

Les hypothèses suivantes ont été émises, en se fondant sur l'ensemble des données:

- a) Ecologiquement parlant, aucune zone appréciable du lac ne subirait un accroissement de la température, celle-ci ne dépasserait pas 30°C;
- b) La température superficielle naturelle est de 23°C;
- c) L'accroissement de température après passage dans le condenseur serait de 7°C.

Il ressort de ces hypothèses que la température d'entrée ne doit pas dépasser 23°C.

En tenant compte de ce qui vient d'être dit, comme de l'analyse des mesures mentionnées plus haut, on a calculé que l'eau devrait toujours être puisée à une profondeur d'au moins 15 mètres sous la surface du lac, où la différence verticale de température est de 3°C.

La température naturelle à la surface pourrait exceptionnellement atteindre 27°C. La stratification thermique verticale serait alors très prononcée, et il est improbable qu'à 15 mètres de profondeur la température dépasse 23°C.

L'extraction d'eau froide des couches profondes du lac et le rejet d'eau chaude à sa surface pourraient cependant entraîner un réchauffement général de l'ensemble de la masse d'eau. Ceci pourrait constituer un facteur important en l'absence d'un rapport