

3. European congress of the International Radiation Protection Association. Criteria for radiation protection. Amsterdam, 13-16 May 1975

FR7600110

### NUCLEAR SITE SELECTION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION - THE DECISION MAKING METHODS

G.BRESSON, G.LACOURLY, L.FITOUSSI

Commissariat à l'Energie Atomique

Département de Protection

B.P. n° 6, 92 260 Fontenay-aux-Roses, France

The siting of nuclear power plants is chiefly dependent on political, economical, social and technical considerations. In every case these considerations take into account the problems raised by environmental protection that have lately reached an increasing importance owing to the fast development of the numbers of plants. Besides the attitude of the population more or less well informed of the true hazards of nuclear plants plays on political considerations a part which should not be neglected.

Though they are many, the problems of environmental protection raised by the operation of nuclear plants can be reduced to the two following points : radioactive effluent releases and thermal discharges. From the point of view of methodology, there is some analogy between both problems and thus only radioactive releases shall be considered here.

The selection of the site of a nuclear plant most often comes to seek out and compound between two trends : that of the operator who will try and reduce the cost price of his product to the lowest and that of the protectionist who will try and reduce to the minimum the hazards resulting from the plant operation. Such a compromise is the result of a more or less empirical choice, which enters within the frame of a "cost-benefit" analysis, in which theoretically, the choice between several possible solutions is made of the selection giving the higher advantage. Practically, however, the difficulties encountered in the cost evaluation process often make the choice highly subjective. As a matter of fact, the main difficulties to be met in the assessment of the consequences of radioactive releases into the environment are to be found in the monetary expression of the detriment. These difficulties result both from uncertainty on the dose-effect relationships that compels to consider pessimistic assumptions, and from the need to give human life a monetary value.

Detriment, in a population, is represented by the damage that should result from exposure to radiation, taking account both of the probability of all noxious effects and their seriousness. To assess the radioactive hazard, only observations made after exposures at high doses and high levels are available. Extrapolation of these data to low doses is already a pessimistic assumption. Moreover the assumption of non-threshold stochastic effects of radiation and linear dose-effect relationship adds a further factor of severity.

The utilization of all these pessimistic assumptions finally lead to estimate a hazard, which is not the real hazard but its upper limit.

Knowing the collective dose  $D$  evaluated in man-rem and the hazard coefficient  $r$ ,

the detriment  $\Delta$  evaluated in the number of losses of human lives is given by the relation

$$\Delta = rD$$

The evaluation of the detriment in monetary terms offers another difficulty, i.e. giving the loss of human life a value. There are two approaches to the problem. The former considers man as a capital in the process of economic production and estimates the value of this capital by the net value of the goods he is likely to produce during his active life. The latter one is an "a posteriori" evaluation that counts the public authority expenses with a view to avoiding the loss of human lives. The total amount of the expenses made to this purpose divided by the number of human lives saved, shows the price implicitly given to human life. The difficulty to be met with when bringing this method into play lies in the fact that it is often difficult to isolate the part of the expenses resulting from the safeguard of human lives from the part resulting from the safeguard of goods. This method can yield very different results according to the field it is applied to. Such differences can be explained by psychological or sociological considerations. This is especially the case with nuclear hazards for which protection measures imply a very high "price of life". In this connection, as compared with other industrial activities, it should be stressed that nuclear industry does present the highest level of protection for the whole of the populations. Some authors have evaded the difficulty by giving a monetary value to the detriment resulting from a unit collective dose of 1 man-rem. Thus values within a range of \$ 10-100 per man-rem have been quoted by OTWAY, and \$ 12-120 per man-rem by the BEIR report of the National Academy of Sciences. This is smartly done ; yet the loss of a human life is implicitly given a monetary value. The value of \$ 100 per man-rem is roughly equivalent to a cost of human life of \$  $10^6$  with a mean risk factor of  $10^{-4}$ . In spite of that, it should be noticed that the reference to the cost of the man-rem detriment is a convenient concept that allows a direct comparison with the differential cost of health physics procedures by using a same unit, \$ (m.r<sup>-1</sup>). This is why it should be worth retaining, but with much caution. In any case, care should be taken that the same language is spoken and therefore the elements making up the assets and liabilities should be specified accurately.

Sometimes, especially when the problem is raised in terms of comparison, such an estimate may not be made. Two instances will be given.

1. The question may be raised for a site or a series of sites whose characteristics are known to tell which is the type of reactor with the lowest detriment for the population. Thus raised the problem is to estimate the benefits of the various types as to the protection of populations, compare them and submit the choice to the decision-making authority. The optimization study should then consider all the risks from the different fuel cycle operations from mining till waste storage

and estimate the total detriment to both the workers and the public. Yet, as this is just a comparison, or rather a classification based on protection criteria, then it should be sufficient to evaluate the total collective doses plotted against the unit of energy produced (number of man-rems per MW(e) according to the reactor types.

2. Another instance is the selection between two different sites for a given type of reactor. The monetary estimate of the detriment can be avoided every second case.

Let us consider two nuclear sites, 1 and 2. Let  $P_1$  and  $P_2$  be the kW h cost price for each site,  $D_1$  and  $D_2$  the respective collective doses. Let us assume  $D_1 > D_2$ . If  $D_1 \geq D_2$ , site 2 must be the more favourable site and a rational selection can result from the cost-benefit analysis.

On the opposite, if  $P_1 < P_2$ , the choice is more difficult since, in order to make a balance, the costs of detriments  $\Delta_1$  and  $\Delta_2$  resulting from the collective doses  $D_1$  and  $D_2$  must be evaluated, and then the differences  $(\Delta_1 - \Delta_2)$  and  $(P_2 - P_1)$  compared.

The difficulties quoted previously are found again so that at last, for lack of being willing or able to express the cost of detriment in monetary terms, the selection is made on qualitative grounds most often. After having counted all the data that can be worked out in the economic analysis, the value of the costs will remain incomplete. Good account, however, shall be taken of the data relative to the detriment expressed in units of collective doses or in number of deaths. Thus expressed, the detriment can then be compared to other hazards currently accepted by the population. In such conditions, the cost-benefit analysis leaves a broad latitude of appraisal to the decision-maker. The choice then can be but subjective.

By definition the purpose of decision-making studies is to limit the latitude of liberty left to the subjective appraisal of the decision making individual or the authority. On account of the uncertainties quoted in the process of the assessment of the detriment in monetary terms that finally leave a fairly broad freedom of action to the decision-maker, in some cases the criteria that determine the protection of both the environment and the populations will have little weight on the selection of a site, whereas non-quantifiable criteria such as some social, political or psychological factors will become preponderant and force the decision. Even in such conditions, the decision-making study shall have the merit at least of giving the decision-maker lights on the data of the problem relative to the protection of the environment and the populations.

3EME CONGRES EUROPEEN DE L'I.R.P.A.

AMSTERDAM - 13-16 MAI 1975

LE CHOIX DES SITES NUCLEAIRES ET LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT -  
PROBLEMES SOULEVES PAR L'APPLICATION DES METHODES D'AIDE A LA DECISION -

G. BRESSON, G. LACOURLY, L. FITOUSSI

Commissariat à l'Energie Atomique  
Département de Protection  
BP N° 6, 92 260 Fontenay-aux-Roses, France

*P. U. O. F. R. S. M. S. M. S.*

Le choix des sites d'implantation des installations nucléaires relève de façon prépondérante de considérations politiques, économiques, sociales et techniques. Ces considérations prennent en compte, dans tous les cas, les problèmes posés par la protection de l'environnement qui ont pris, au cours des dernières années, une importance croissante avec le développement rapide du nombre des installations. Par ailleurs, l'attitude du public plus ou moins bien informé des risques réels des installations nucléaires, influe de façon non négligeable sur les considérations politiques.

Quoique multiples, les problèmes de la protection de l'environnement posés par le fonctionnement des installations nucléaires peuvent se ramener aux deux suivants : les rejets d'effluents radioactifs et les rejets thermiques. Du point de vue méthodologique, ces deux problèmes présentent une certaine analogie et on se bornera ici à considérer celui des rejets radioactifs.

Choisir le site d'une installation nucléaire revient le plus souvent à rechercher un compromis entre deux tendances : celle de l'exploitant qui cherche à réduire au minimum le prix de revient de son produit, et celle du protectionniste qui cherche à minimiser les nuisances résultant du fonctionnement de l'installation. Ce compromis est le résultat d'un choix plus ou moins empirique, qui entre dans le cadre d'une analyse "coûts-avantages", dans laquelle théoriquement le choix entre différentes solutions possibles se porte sur celle qui donne le bénéfice le plus élevé, compte tenu des impératifs de protection. Dans

la pratique, cependant, les difficultés rencontrées dans le processus d'évaluation des coûts rendent souvent ce choix extrêmement subjectif. Les principales difficultés rencontrées dans l'évaluation des conséquences des rejets radioactifs dans l'environnement résident en effet dans l'expression monétaire du détriment. Ces difficultés sont dues, d'une part, à l'incertitude des relations entre la dose et l'effet, qui imposent la prise en considération d'hypothèses pessimistes et, d'autre part, à la nécessité d'attribuer une valeur monétaire à la vie humaine.

Le détriment, dans une population, est représenté par les dommages qui seraient subis du fait de l'exposition aux rayonnements en tenant compte à la fois de la probabilité de chacun des effets nocifs et de leur gravité. Or, pour évaluer le risque radioactif on ne dispose que d'observations faites après irradiation à dose et débit de dose élevés. L'extrapolation de ces données aux faibles doses est déjà une hypothèse pessimiste. En outre, on suppose qu'il n'y a pas de seuil aux effets stochastiques des rayonnements et que la relation dose-effet est linéaire, ce qui introduit un nouveau facteur de sévérité.

L'utilisation de l'ensemble de ces hypothèses pessimistes conduit finalement à estimer un risque, qui n'est pas le risque réel, mais sa limite supérieure.

Connaissant la dose collective  $D$  évaluée en homme-remes et le coefficient de risque  $r$ , le détriment  $\Delta$  évalué en nombre de pertes de vies humaines est donné par la relation

$$\Delta = r D$$

L'évaluation du détriment en termes monétaires présente une autre difficulté qui est celle de l'attribution d'une valeur à la perte de la vie humaine. Ce problème peut être abordé de deux façons différentes. La première consiste à considérer la personne humaine comme un capital dans le processus de production économique et à estimer la valeur de ce capital, par la valeur nette des biens qu'il est susceptible de produire au cours de sa vie active. Le second est une évaluation a posteriori. Elle consiste à comptabiliser les dépenses supportées par les pouvoirs publics, en vue d'éviter la perte de vies humaines. Le total des dépenses consenties à cette fin, divisé par le nombre de vies humaines sauvées, fait apparaître le prix implicitement attribué à la vie humaine. La difficulté rencontrée dans la mise en oeuvre de cette méthode réside dans le fait qu'il est souvent difficile d'isoler la part des dépenses qui revient à la sauvegarde des vies humaines, de celle qui revient à la sauvegarde des biens. Cette méthode peut conduire à des valeurs très différentes suivant les domaines auxquels elle s'applique. De telles différences peuvent d'ailleurs s'expliquer par des motifs d'ordre psychologique ou sociologique. C'est notamment le cas pour les risques nucléaires, pour lesquels les mesures de protection impliquent " un prix de la vie " fort élevé. On peut souligner à cet égard que, comparée aux autres activités industrielles, l'industrie nucléaire est celle qui présente, pour l'ensemble des populations, le niveau de protection le plus élevé.

Il n'est pas toujours possible d'éliminer les difficultés qui viennent d'être évoquées. Cependant, lorsqu'il s'agit de comparer deux sites nucléaires, cette élimination peut néanmoins être obtenue dans un cas sur deux. Considérons deux sites nucléaires 1 et 2.

Solont  $P_1$  et  $P_2$  les prix de revient du Kw h pour chacun des sites,  $D_1$  et  $D_2$ , les doses collectives correspondantes. Supposons  $D_1 > D_2$ .

Si  $P_1 \gg P_2$ , le site 2 est incontestablement le plus favorable et un choix rationnel peut résulter de l'analyse coûts-avantages.

Si au contraire,  $P_1 < P_2$ , le choix est plus délicat, car pour établir le bilan, il faut évaluer les coûts des détriments  $\Delta_1$  et  $\Delta_2$  résultant des doses collectives  $D_1$  et  $D_2$  puis comparer les différences  $(\Delta_1 - \Delta_2)$  et  $(P_2 - P_1)$ .

On retrouve les difficultés précisées antérieurement de sorte que finalement, faute de vouloir ou de pouvoir exprimer le coût du détriment en monnaie, le choix se fixe le plus souvent sur des bases qualitatives. Après avoir comptabilisé l'ensemble des données qui auront pu être chiffrées dans l'analyse économique, la valeur des coûts restera incomplète. On tiendra cependant compte des données concernant le détriment exprimées en unité de dose collective ou en nombre de décès. Exprimé sous cette forme, le détriment peut alors être comparé à d'autres risques couramment acceptés par le public. Dans ces conditions, l'analyse coûts-avantages laisse une grande marge d'appréciation au décideur. Le choix ne peut alors qu'être subjectif.

Par définition, les études décisionnelles ont pour but de limiter la marge de liberté laissée à l'appréciation subjective de la personne ou de l'autorité sur qui repose la décision. Les incertitudes évoquées dans le processus d'évaluation du détriment en termes monétaires et qui, finalement laissent une assez grande liberté de manœuvre au décideur, font que dans certains cas les critères qui définissent la protection de l'environnement et des populations auront peu de poids dans le choix d'un site, tandis que des critères non quantifiables tels que certains facteurs sociaux, politiques ou psychologiques deviendront prépondérants et forceront la décision. Même dans de telles conditions, l'étude décisionnelle aura au moins eu le mérite d'éclairer le décideur, sur les données du problème relatif à la protection de l'environnement et des populations.

