

Chimie et industrie

L'effet des centrales nucléaires sur l'environnement *

par J.-F. Saglio

Depuis Prométhée, la destinée humaine semble confondue avec une production et une consommation toujours croissantes d'énergie. Comme toute activité, la production, le transport, la distribution, l'utilisation et la transformation de l'énergie modifient ou dégradent notre environnement. Le développement de l'urbanisation et de l'industrialisation ont engendré une préoccupation croissante pour la sauvegarde de l'environnement rendant plus nécessaire aujourd'hui qu'hier, l'examen de cette question. En outre, l'importance attachée par l'opinion à ces aspects rend nécessaire un effort considérable d'information qui va souvent au delà de ce qu'exige le déroulement normal des procédures administratives.

Il est nécessaire de jeter un coup d'œil rapide sur ce que sont les interactions de l'énergie et de l'environnement dans leur ensemble en même temps que l'on examine le cas des centrales nucléaires, les nuisances apportées par ces techniques devant être comparées. On examinera successivement les conséquences sur différents aspects de l'environnement : l'atmosphère, l'eau, les sites et les paysages.

Le problème des centrales nucléaires de production d'électricité à l'égard des milieux naturels est principalement d'échelle. L'on se trouve en effet confronté avec la création d'une installation émettrice de chaleur, de produits chimiques, de vapeur, de bruit, d'une taille unitaire très supérieure à ce que l'on connaissait auparavant, mais que l'évolution des techniques connues (centrales aux combustibles fossiles) eût également apportée.

Ce problème ne change de nature qu'au regard des effluents radioactifs. Paradoxalement, les risques d'émission de ces effluents paraissent mieux connus que les précédents, leurs effets sur la nature semblent sinon mieux prévus, du moins mieux cernés. Peut-être est-ce parce qu'ils sont plus « nouveaux », plus craints et donc que les réponses apportées à ces craintes sont d'autant plus satisfaisantes que leur cause est nouvelle...

1. Les problèmes de l'atmosphère

a. La combustion

C'est une des causes majeures de pollution atmosphérique qu'il s'agisse du chauffage des logements, des installations industrielles, de la production thermique classique d'électricité ou des moteurs à combustion interne. Cette pollution atmosphérique « classique » a fait l'objet de nombreux travaux, initialement orientés vers les oxydes de soufre et le monoxyde de carbone, les rejets de particules, puis vers les oxydes d'azote.

* Conférence présentée le 21 janvier 1976, à Paris, à une réunion organisée par le Groupe Énergie nucléaire de la Société de Chimie Industrielle, avec le concours de la Société Française d'Énergie Nucléaire et la Section française de l'American Nuclear Society.

A l'heure actuelle, la lutte contre la pollution par les oxydes de soufre nécessite encore une action prioritaire qui concerne principalement les grandes agglomérations. Les moyens de production d'électricité thermique sont à l'origine d'émissions importantes d'oxydes de soufre :

A l'amont, les raffineries de pétrole. Elles ont été pendant longtemps à l'origine d'émissions de SO_2 importantes. Des cheminées hautes assurant une dilution des gaz et des unités de récupération de soufre permettent de réduire les émissions des raffineries de 12/20 tonnes par jour à 3/6 tonnes/jour par million de tonnes par an de pétrole brut traité.

Un groupe de 600 MW alimenté en fuel lourd à 3% émet journellement 180 t d'anhydride sulfureux. Les améliorations à attendre portent sur l'emploi de fuel à basse teneur en soufre et sur la désulfuration des fumées, encore que cette dernière voie paraisse moins urgente si les centrales à fuel ne se développent pas.

Ces installations émettent également d'autres polluants, particules et oxydes d'azote notamment. A cet égard, les émissions de particules seront à l'avenir sévèrement limitées : l'objectif est de limiter les émissions aux performances attendues pour les meilleurs brûleurs à fuel lourd de 1980. La surveillance des rejets d'oxyde d'azote fera l'objet d'une action technique et réglementaire spécifique dans les prochaines années.

b. Les centrales électronucléaires

Elles produisent des effluents radioactifs gazeux et, lorsqu'elles sont réfrigérées en « circuit fermé », notamment, des émissions de vapeur d'eau.

Les effluents radioactifs gazeux (produits de fission et produits d'activation du circuit de refroidissement) sont rejetés à l'atmosphère après avoir séjourné dans les réservoirs de décroissance ou traversé des ensembles de filtration. Les gaz rejetés sont essentiellement des gaz rares (krypton 85 et xénon 133) et de l'iode 131. Les quantités annuellement rejetées sont de l'ordre de 50 000 Ci pour les gaz

2. Problèmes de l'eau.

a. Production et transport d'hydrocarbures

La production d'électricité thermique par hydrocarbures implique une pollution à l'amont, notamment par les travaux de prospection et d'exploitation des gisements. En outre, les transports d'hydrocarbures, par les risques de pollutions accidentelles et les déballastages illicites dont ils sont cause, sont une source d'atteinte à l'environnement préoccupante : de l'ordre de 2 millions de tonnes d'hydrocarbures sont déversés chaque année dans les mers.

b. Réfrigération en circuit ouvert (mer)

En ce qui concerne les centrales thermiques classiques ou nucléaires, la pollution thermique peut se manifester de plusieurs manières : les organismes sont affectés par le choc thermique lors de leur passage dans les condenseurs, ainsi que par choc mécanique (variation rapide de pression). Il est difficile de donner une estimation des effets de ces deux mécanismes. Mettons que globalement la létalité au passage dans les condenseurs dans une centrale refroidie en circuit ouvert serait de 50 à 70 % de la population (comprise dans un flux de l'ordre de 50 m^3/s pour un groupe de 900 MWe).

D'autre part, des perturbations risquent de se produire dans la distribution des espèces vivantes dans la zone d'influence des centrales touchée par le flux thermique (changement de biotope). La tache thermique en mer peut être de quelques kilomètres carrés pour un à deux degrés centigrades.

Autre facteur de perturbation et d'atteinte au milieu naturel, la mise en mouvement, tant au niveau des prélèvements qu'au niveau du rejet de masses d'eau importantes, risque d'avoir des incidences sur l'équilibre du milieu marin (effets hydrodynamiques et sédimentologiques).

Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de prévoir les conséquences de tous ordres que peuvent avoir de telles implantations sur le milieu littoral et le milieu marin dont les écologistes reconnaissent la complexité et la fragilité.

Enfin, on ne saurait négliger l'action que pourrait avoir à long terme l'introduction dans l'eau de refroidissement et donc dans le milieu

rares et quelques Ci pour l'iode 131 pour un réacteur à eau pressurisée de 3 000 MW thermique (il convient de signaler que les centrales thermiques à charbon peuvent également rejeter des gaz radioactifs (radon)).

Les émissions de vapeur pour une centrale en réfrigération atmosphérique sont de l'ordre de 0,5 t/s pour un réacteur de 3 000 MW thermique et peuvent varier de façon assez considérable selon les conditions atmosphériques ambiantes. Bien que ces débits soient faibles par rapport aux débits mis en cause par la formation de nuages (plusieurs centaines de milliers de t/s pour un cumulus), on ne peut exclure dans certains sites où le vent serait faible et les phénomènes d'inversion fréquents, la persistance de panaches et une réduction de l'ensoleillement, ainsi qu'une augmentation de la fréquence de brouillards.

Un autre phénomène pourrait influencer les conditions météorologiques locales : celui de l'émission d'énergie. Rappelons qu'une centrale nucléaire de 4 groupes (4 000 MW) peut rayonner une énergie trente fois supérieure à celle du rayonnement solaire ($100 \text{ W}/\text{m}^2$).

Nos connaissances actuelles ne permettent pas d'évaluer les conséquences atmosphériques que peut avoir un dégagement important de chaleur à partir d'une zone restreinte. La surveillance des sites du point de vue météorologique et leur équipement très progressif s'imposent donc.

c. Les énergies « nouvelles » et la pollution atmosphérique

Comment se placent les énergies nouvelles en concentration de forte puissance, vis-à-vis de la pollution atmosphérique? Les *éoliennes* établissent un barrage au vent et créent une déviation de son cours. L'incidence de très grosses installations reste à étudier. L'utilisation de l'*énergie solaire* à partir de centrales pourrait causer des variations de l'albedo (coefficient de réflexion global par le sol) et ainsi apporter des changements climatiques. Cependant la construction de telles centrales (miroirs de quelques km^2) n'est pas envisageable à moyen terme.

de biocides (essentiellement du chlore) destinés à préserver les conduites d'un envahissement par les mollusques et, en particulier, par les moules.

L'effet sur l'écologie doit donc faire l'objet d'études approfondies à trois niveaux :

- de caractère général (comportement du plancton vis-à-vis d'un choc thermique par exemple),
- sur les centrales existantes,
- sur les sites des centrales nucléaires.

c. Les énergies nouvelles et la mer

Parmi les énergies nouvelles pouvant porter atteinte au milieu marin, il faut citer l'énergie marémotrice.

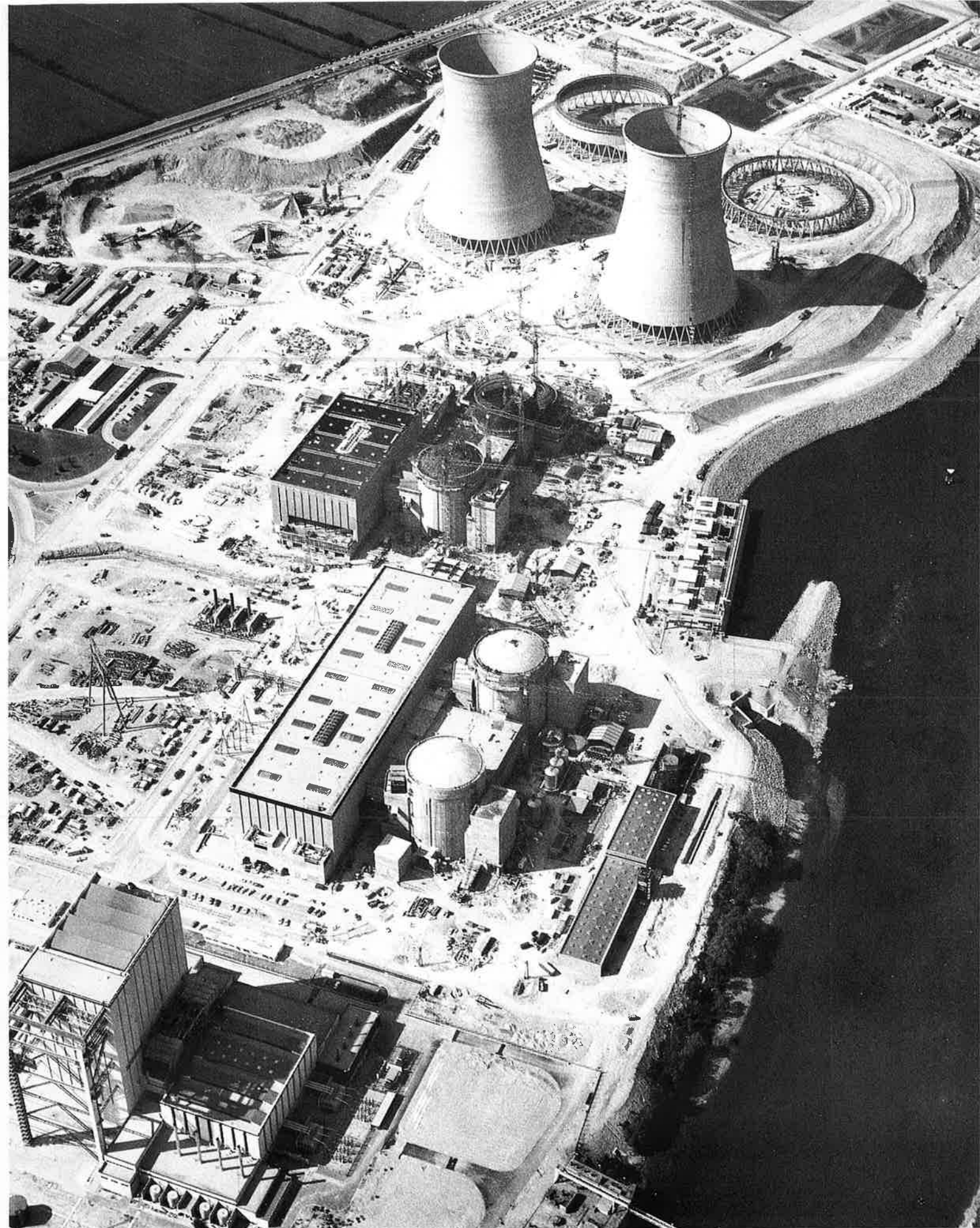
Il existe en France un site, celui des Iles Chausey (Baie du Mont Saint-Michel), dont l'équipement permettrait une production annuelle de 25 tWh. Bien que la rentabilité en apparaisse aujourd'hui faible, le projet présente quelques avantages à long terme, notamment du point de vue de l'indépendance énergétique. Les conséquences écologiques de ce type d'ouvrage sont difficiles à prévoir (modification du régime des marées, création de zones d'accumulation de la pollution tellurique, atteintes au plancton dues aux effets mécaniques).

d. Les conséquences sur les eaux douces du fonctionnement des centrales thermiques

L'échauffement et la consommation

L'eau prélevée pour la réfrigération de la centrale (50 m^3/s environ pour un réacteur de 3 000 W thermiques réfrigéré en circuit ouvert) est réchauffée d'une dizaine de degrés. En ce qui concerne les installations nucléaires de base, une température supérieure à 30 °C peut être autorisée pour les rejets pendant une période limitée, cette dérogation aux dispositions générales ne pouvant être accordée qu'après une procédure précise et complexe.

Le problème du réchauffement se place à deux niveaux : dans le voisinage immédiat de l'installation, les dispositifs de rejet doivent être conçus pour assurer le meilleur mélange possible des effluents là où cela est souhaitable.



(Photothèque E.D.F. ; Michel Brégaud.)

Centrale nucléaire E.D.F. du Bugey.
État des travaux en mai 1976 : « Le Bugey I » (en bas et à gauche sur la photo) est terminé et fonctionne ; « Les Bugey » II, III, IV et V (au centre) sont en construction et permettent de suivre les diverses phases de la réalisation d'un réacteur.

A l'aval, il est nécessaire d'examiner la compatibilité des échauffements avec les autres usages souhaités du milieu, notamment la fabrication d'eau potable.

Les modifications de l'écosystème sont de plusieurs natures :

- modifications des caractères physicochimiques du milieu, en particulier du bilan en oxygène du fait de l'accélération simultanée des phénomènes de photosynthèse, respiration et autoépuration (oxydation des matières organiques contenues dans l'eau),
- modifications de la répartition des espèces animales ou végétales (proliférations ou disparitions), compte tenu des phénomènes de synergie entre l'échauffement et les pollutions classiques.

En outre, les débits relativement importants évaporés par les centrales fonctionnant sur réfrigérant atmosphérique et les quantités d'eau nécessaires à la dilution des effluents nécessitent sur les cours d'eau à faible étiage une régularisation du débit naturel. La construction de barrages réservoirs ayant eux-mêmes des conséquences sur l'environnement doit alors être étudiée. C'est le cas pour les centrales implantées sur la Loire qui contribueront *au tiers* de la consommation totale de l'eau de ce bassin fluvial, et rendent donc plus nécessaire la construction des barrages réservoirs prévus (Villerest, Naussac, Serre de la Fare, Chambonchard). Ce sera le cas pour les centrales implantées sur d'autres rivières.

3. Sites et paysages

Les installations de production et de transport d'énergie modifient le paysage en lui donnant un caractère industriel. Certains sites auxquels une qualité certaine est reconnue sont par eux-mêmes exclusifs de toute implantation. Dans d'autres sites, une recherche architecturale permettra de faire **accepter plus facilement** les modifications. Deux exemples peuvent illustrer ce qu'il est possible d'envisager :

- les réfrigérants atmosphériques des centrales thermiques de grande puissance sont **des tours hyperboliques de 160 à 180 m de haut et de 110 m de diamètre**. Dans certains sites, deux tours moins hautes

4. Les études d'impact

Les considérations précédentes ne permettent pas de conclure à l'innocuité ou à la nocivité de telle ou telle énergie primaire. Ce qui semble plus grave, c'est qu'il ne semble pas actuellement possible de définir une échelle de nuisance permettant de porter un jugement de valeur sur la pollution produite par un kWh nucléaire, par un kWh thermique « classique » ou hydroélectrique.

Malgré des efforts très importants conduits notamment par le Groupe Interministériel d'Évaluation de l'Environnement, la définition d'un critère de nuisance (ou de satisfaction) global pose des problèmes théoriques et pratiques considérables.

Une des causes de cette situation est l'extrême diversité des cas particuliers qui rendent un phénomène physique donné tantôt souhaitable tantôt inacceptable. C'est cette absence de règle générale qui conduit partout au monde les responsables de l'environnement à ne se prononcer que cas par cas, au vu d'études approfondies des conséquences prévisibles.

Dans la plupart des cas, le problème se trouve alors déplacé dans le champ économique, puisque les projets les plus défavorables à l'environnement se voient imposer des contraintes très sévères et très coûteuses qui en font baisser la rentabilité.

a. Les « impact statements » américains

Le National Environmental Policy Act (N.E.P.A.) a été promulgué aux États-Unis le 1^{er} janvier 1970. Cette loi oblige toute Agence Fédérale à réaliser une évaluation des effets sur l'environnement (Environmental Impact Statement ou E.I.S.) à l'occasion de tout projet, toute mesure, toute réglementation nouvelle susceptible d'affecter de façon significative la qualité de l'environnement.

Le N.E.P.A. couvre de fait des domaines très divers : projets d'autoroutes, créations de ports, emploi de pesticides en agriculture, etc... L'Agence pour la Protection de l'Environnement elle-même (E.P.A.) du fait des normes qu'elle impose, tombe aussi sous le coup du N.E.P.A.

Le N.E.P.A., loi fédérale, laisse les États libres d'exiger des E.I.S. particuliers pour les projets qui les concernent, ce que plusieurs font actuellement.

La constitution des E.I.S. est assez longue (2 ans environ) et coûteuse (2 millions de \$ pour un site nucléaire). Il semble que l'opinion publique

Rejets liquides radioactifs

Le problème est analogue lorsqu'il s'agit de réacteurs implantés sur le littoral ou sur les eaux douces.

Les effluents après passage sur résines échangeuses d'ions et filtration, ont une activité de l'ordre de 20 Ci par an hors tritium et de 1 000 Ci par an de tritium par réacteur de 3 000 MW thermique à eau pressurisée.

Les autorisations de rejet ne seront données qu'à l'issue d'une procédure particulière permettant de prendre en compte les autres rejets radioactifs du bassin considéré. Des techniques de réduction des rejets peuvent être mises en application. Elles seront utilisées en premier lieu pour les usines de retraitement du combustible dont les rejets sont plus importants.

e. Les centrales hydrauliques et les rivières

Citons enfin le cas des installations hydroélectriques : les débits non dérivés (« réservés ») ne permettent pas toujours de satisfaire l'ensemble des besoins à l'aval ; la modulation des débits restitués en fonction des impératifs de la demande d'électricité peut être assez brutale pour compromettre l'exploitation touristique, la vie piscicole et un maintien de la qualité de l'eau. Les vidanges décennales entraînent par ailleurs des dommages à la faune et à la flore.

à tirage naturel peuvent remplacer cette construction unique. Dans d'autres sites, au prix d'une nuisance sonore supplémentaire que les études actuelles tentent de réduire, des tours à tirage forcé de 40 m de hauteur peuvent constituer une solution alternative (Marley), ● les lignes de transport d'énergie électrique intéressent globalement des surfaces importantes et doivent bon gré mal gré, traverser des zones souvent occupées de 2 à 10 selon la tension. Ceci limite cette solution au franchissement de zones particulièrement sensibles.

se soit beaucoup intéressée aux quelques milliers de dossiers actuellement élaborés.

La responsabilité de ces dossiers revient au gouvernement. Le pétitionnaire fournit les résultats des études qu'il entreprend (« technical assessments ») à partir desquels sont faits les dossiers proprement dits.

Cependant, rien n'oblige le pétitionnaire à mettre en place les moyens de contrôle permettant de vérifier *a posteriori* l'exactitude de ses prévisions.

b. Les dossiers d'impact sur l'environnement en France

L'expérience étrangère doit naturellement être adaptée au contexte politique et administratif français. Deux considérations ne doivent pas être oubliées en ce qui concerne les centrales nucléaires françaises. A la différence des États-Unis, la construction et l'exploitation des centrales est le fait d'un établissement public national et non pas de compagnies privées de distribution d'électricité. D'autre part, les procédures administratives actuellement en place et notamment pour les centrales nucléaires, la déclaration d'utilité publique et l'autorisation de création par décret permettent de prendre en considération aussi bien les problèmes économiques, fonciers et les questions de sûreté nucléaire que les atteintes à l'environnement. L'utilité publique d'un projet ne peut évidemment se définir qu'en mettant en balance les intérêts collectifs (production d'énergie, créations d'emplois et d'activités diverses...) et les nuisances locales (esthétique, occupation de l'espace, pollution de l'eau et de l'air...).

De la même manière, le rôle de l'administration ne se limite pas, lorsqu'elle autorise la création d'une installation, à s'assurer que toutes les précautions ont été prises pour éviter les accidents et à tout le moins limiter leurs conséquences. Elle doit également prendre toutes mesures permettant de réduire au minimum les nuisances ressenties dans l'environnement.

Dans cet esprit, les sites de centrales actuellement envisagés font l'objet d'études approfondies sur les différents chapitres évoqués plus haut. La responsabilité de ces études revient à Électricité de France qui en présente les résultats à l'Administration sous la forme de « dossiers d'impact sur l'environnement ». Le plan type de ces dossiers a été arrêté au niveau interministériel en avril 1975, à la suite d'une large concertation entre les spécialistes des différents domaines.

Y sont distinguées *les études préliminaires* qui permettent de dresser une liste de sites envisageables en fonction de critères techniques, économiques et d'aménagement du territoire globaux; les études *d'avant-projet succincts* destinés à permettre une comparaison entre les sites envisageables dans un cadre régional et à établir un premier état de référence succinct; *les études d'avant-projet détaillés* permettant une analyse prévisionnelle des nuisances à partir d'un état de référence détaillé.

Les études doivent naturellement être conduites très en avance sur les décisions d'implantation des centrales de manière qu'à tous les stades des décisions les éléments intéressant l'environnement soient clairement précisés.

Elles comprendront tous les aspects de l'effet prévisible sur l'environnement des centrales nucléaires : eau, air, bruit, déchets, transports, occupation de l'espace, sites, paysages, etc... et sont adaptées à chaque cas. Un groupe de travail régional en suit et contrôle l'exécution.

L'originalité de cette approche réside dans la recherche d'une définition rigoureuse de l'état de référence de site, notamment sur le plan biologique. Les études d'impact permettront ainsi, si le site est retenu

outre des modifications éventuelles de l'avant-projet la définition du programme de surveillance de l'environnement qui, mis en place deux ans avant la mise en service industrielle de l'installation, doit se poursuivre pendant toute la durée de vie de la centrale.

On doit souligner *in fine* que la plupart des phénomènes en cause sont connus depuis longtemps. Il existe des rejets de chaleur, et sur de petites rivières, depuis plusieurs décennies. Cependant, les connaissances scientifiques ne permettent pas encore de prédire exactement quelles sont les conséquences de telle ou telle modification de l'écosystème. Parallèlement aux études à mener cas par cas, un effort de recherche est à mener sur ces questions.

La question est souvent posée de savoir si, en définitive, les études permettent d'obtenir une meilleure stratégie et une protection de l'environnement.

Il faut dire clairement que les études par elles-mêmes ne font qu'éclairer la décision en montrant toutes les conséquences. Même s'ils sont très techniques, les arguments ne servent en dernière analyse qu'à justifier des décisions politiques. L'ultime choix étant la préférence que l'on accorde à une meilleure qualité de la vie.