

MINISTÈRE DE L'INDUSTRIE
ET DE LA RECHERCHE

REPUBLIQUE FRANÇAISE

LE MINISTRE

Paris, le 15 Novembre 1974

En raison de sa situation géographique et de l'insuffisance de ses ressources naturelles, la France dépend aujourd'hui à 67 % du pétrole pour sa consommation énergétique.

Les conséquences de cette dépendance se sont trouvées singulièrement aggravées par la hausse récente des prix des produits pétroliers.

Aussi le Gouvernement a-t-il décidé, pour garantir notre sécurité d'approvisionnement et réduire le coût de l'énergie consommée en France, d'accélérer la réalisation d'un programme important de centrales nucléaires.

Cette oeuvre nationale qui intéresse chacun d'entre nous ne peut être menée qu'avec l'adhésion de tous.

Le choix des implantations des futures centrales nucléaires fera donc l'objet d'une large consultation des responsables locaux et régionaux.

Je souhaite que ce document d'information contribue à permettre à ces responsables de se prononcer en toute connaissance de cause sur les conditions de ces réalisations.

Afin de compléter cette information, des groupes d'experts ont été constitués au niveau régional et au niveau national pour répondre aux questions complémentaires portant sur tous les aspects de la production d'électricité d'origine nucléaire.

Michel Bureau

Sommaire

Introduction 4

1. L'énergie électrique à moyen et long terme.

Besoins et production. 5

1.1. Besoins du pays en énergie et en électricité 6

- Pourquoi un tel programme de centrales nucléaires ? 6
 - Quelles sont les possibilités des techniques nouvelles ? 7
 - Comment les besoins évolueront-ils ? 8
-

1.2. Production d'électricité 8

- Par les moyens classiques 8
 - Par des centrales nucléaires 10
-

1.3. Les centrales nucléaires en 1988 et 2000 10

2. Les centrales nucléaires : structure et sûreté 13

2.1. Structure d'une tranche type : composants principaux 17

2.2. Structure d'une centrale : organisation générale d'un site 18

2.3. Sûreté et radioprotection 21

- 2.31. Rappel sur les rayonnements et la radioactivité 21
 - 2.32. Les doses dues aux centrales nucléaires 23
 - 2.33. Principes généraux de sûreté et de radioprotection 24
 - 2.34. Les dossiers de sûreté et de radioprotection 26
 - 2.35. Traitement du combustible et déchets radioactifs 27
 - 2.36. Démantèlement des centrales nucléaires 28
-

3. La recherche et le choix des sites 29

3.1. Effets des centrales sur l'environnement 30

- Effet sur le milieu physique 30
 - Effet sur le milieu vivant 31
 - Effet sur le milieu socio-économique 32
-

3.2. Principaux critères techniques pour la sélection des sites 34

- Les possibilités de refroidissement 35
 - Les critères liés au terrain 35
 - Les critères liés à la sûreté et à la radioprotection 35
 - Les critères d'aménagement du territoire 36
-

3.3. Méthodes et procédures pour la sélection et le choix des sites 36

- 3.31. Schéma général des études et calendrier 36
 - 3.32. Les principes adoptés par le Gouvernement. 37
 - 3.33. Concertation avec les régions et collectivités concernées 38
-

Conclusion 39

Introduction

Les difficultés rencontrées par la France pour assurer de façon satisfaisante son approvisionnement en énergie ne recevront de solution à moyen terme qu'en recourant largement à l'énergie nucléaire : elle seule apporte en effet, dans ce délai, des réponses aux problèmes posés en termes de prix de revient, de balance des paiements, de sécurité d'approvisionnement et d'indépendance nationale.

Ceci ne justifierait pas pour autant que l'on s'engage avec une hâte excessive dans la réalisation d'un programme de centrales nucléaires. Mais la construction de la première centrale nucléaire française a commencé en 1957 à Chinon ; celle du premier réacteur de la filière à eau légère a débuté en 1962 à Chooz. Depuis vingt ans les problèmes relatifs au choix des filières, à la taille des centrales, à l'approvisionnement en combustible, au traitement des déchets, à la sûreté nucléaire sont examinés avec attention. Les options gouvernementales en la matière vont d'ailleurs faire l'objet d'un débat au parlement et continueront à être largement exposées.

Mais il est un problème qui concerne encore plus directement les collectivités locales : c'est celui de la localisation des centrales nucléaires dont la construction aura sur l'environnement et le développement économique local des conséquences directement perçues par le voisinage.

C'est pourquoi le Gouvernement souhaite que la sélection des sites nucléaires soit effectuée de façon ordonnée après une concertation approfondie avec les collectivités locales et régionales. Cette concertation devrait permettre de déterminer prochainement un ensemble de sites susceptibles d'accueillir chacun une centrale d'une puissance d'environ 5 millions de kW qui auront reçu un accord général et qui permettront de couvrir nos besoins jusqu'en 1988.

Cet ensemble constituera ainsi l'amorce d'un schéma d'implantation à plus long terme, dont la définition devra rester souple et évolutive pour s'adapter à l'évolution technique et économique. En particulier, compte tenu des sollicitations multiples dont sont l'objet certaines parties du territoire français, il a paru souhaitable de recenser dès à présent la quasi-totalité des disponibilités du littoral et de certaines grandes vallées.

Le présent document d'information a été spécialement établi en vue de faciliter la concertation avec les responsables régionaux en matière de choix des sites de centrales nucléaires. Il insiste plus particulièrement sur les effets des centrales sur leur environnement physique et humain et ne prétend nullement aborder la totalité des problèmes liés à l'énergie nucléaire.

Divisé en 3 parties, il traite successivement :

- de l'évolution de nos besoins en énergie et particulièrement en électricité ;
- des caractéristiques essentielles des centrales nucléaires à réaliser à moyen terme ;
- de la méthode de travail et de concertation retenue par le gouvernement pour le choix des sites nucléaires.

1. L'énergie électrique à moyen et long terme.
Besoins et production

1.1. Besoins du pays en énergie et en électricité

L'énergie ne représentait en 1972 que 7 % de la production intérieure brute ; mais son importance réelle pour chacun est bien supérieure à ce que peut laisser croire ce chiffre.

Même en évitant soigneusement les gaspillages qui ont pu se produire naguère, ce qui permettra momentanément de ralentir la croissance de la consommation d'énergie, il apparaît qu'à terme celle-ci continuera à augmenter ; en effet, l'augmentation du niveau de vie et du bien-être de tous passe par une amélioration de l'habitat, une utilisation accrue du confort ménager, une utilisation accrue des transports, etc., c'est-à-dire par une augmentation de la production industrielle qui nécessite une augmentation simultanée des besoins d'énergie.

Depuis une quinzaine d'années, les consommations supplémentaires d'énergie dans le monde ont surtout été couvertes par le pétrole. Il en est résulté une situation dont l'instabilité, mise brutalement en évidence aux yeux du public par les événements d'octobre 1973, avait conduit dès le printemps 1973 le Gouvernement français à annoncer la réalisation d'un important programme de centrales nucléaires.

Pourquoi un tel programme de centrales nucléaires ?

— Parce que des recherches poursuivies depuis 20 ans dans tous les grands pays industriels ont permis de mettre au point différentes filières de réacteurs : actuellement, plus d'une centaine de réacteurs fonctionnent dans le monde de façon sûre ; nombre d'entre eux sont des « têtes de série » qui ont fourni l'expérience indispensable pour construire désormais des installations fiables et économiques.

— Parce que l'électricité est la forme d'énergie dont la consommation se développe le plus rapidement : dans le monde rural, par exemple, cette consommation double tous les 4 à 5 ans. Représentant aujourd'hui le quart des besoins totaux du pays, elle pourrait en couvrir la moitié à la fin du siècle. Or cette électricité est fournie actuellement pour les deux tiers par des combustibles fossiles (pétrole, charbon, gaz) qui pourraient aisément être remplacés par de l'uranium.

— Parce que le prix de l'électricité d'origine nucléaire dépend peu du prix des matières importées ; la quasi-totalité du coût du kWh correspond à une activité industrielle réalisée pour l'essentiel en France et, accessoirement, dans les autres grands pays industriels avec lesquels elle coopère : un doublement du prix de l'uranium et du pétrole augmenterait le prix du kWh nucléaire de 10 % et celui du kWh classique de 80 %.

— Parce que l'indépendance énergétique du pays en serait améliorée : beaucoup plus mal partagée que l'Allemagne, les Pays-Bas, la Grande-Bretagne et surtout les Etats-Unis, la France importe actuellement plus de 70 % de son énergie ; or elle dispose sur son sol de ressources importantes d'uranium ; par ailleurs l'uranium (et les autres minerais susceptibles de fournir de l'énergie nucléaire) sont largement répandus à travers le globe - contrairement au pétrole -, ce qui facilite les approvisionnements ; enfin, le minerai d'uranium étant beaucoup moins coûteux, à énergie égale, que le pétrole, permet de réaliser aisément des stocks très importants. Et même si, pour assurer à la France une indépendance absolue, on procédait à l'extraction de l'uranium qui se trouve dans l'eau de mer en quantité pratiquement infinie, le prix du kWh nucléaire resterait de l'ordre de grandeur du prix actuel du kWh fourni par les centrales à fuel.

Quelles sont les possibilités des techniques nouvelles ?

On pourrait également envisager de recourir à l'utilisation de « formes nouvelles » d'énergie qui concernent essentiellement l'énergie du vent, l'énergie solaire, la géothermie et, dans un avenir plus lointain, la fusion nucléaire.

L'énergie du vent est une de celles que l'homme utilise depuis le plus longtemps. De nos jours, les éoliennes de petite taille peuvent rendre des services, par exemple pour l'alimentation de maisons isolées.

Mais si l'on voulait atteindre une puissance de 1 million de kW (l'équivalent d'une tranche nucléaire du Bugey ou de Fessenheim), il faudrait construire 1 000 éoliennes ayant chacune une hélice de 30 m de diamètre, placée sur un pylône d'une quarantaine de mètres de hauteur, et posant des problèmes considérables d'exploitation et de bruit.

L'énergie solaire, plus régulière que celle du vent, est à première vue très intéressante, notamment parce qu'elle est constamment renouvelée et qu'elle ne crée a priori aucune pollution.

Mais il paraît peu réaliste de recourir à cette forme d'énergie pour produire de l'électricité à grande échelle ; toujours pour atteindre l'équivalent en énergie d'une centrale de 1 million de kW, on estime qu'il faudrait couvrir de 3 000 à 6 000 hectares avec des cellules photovoltaïques, ce qui paraît difficile dans un pays comme la France.

Toutefois, le recours à l'énergie solaire pour assurer le chauffage de base des habitations ou des lieux de travail semble tout à fait envisageable. Des expériences ont déjà été réalisées à ce sujet, d'autres le seront prochainement. En fonction des résultats, des programmes de réalisation importants pourraient être lancés s'il s'avérait que des économies substantielles de pétrole pourraient être obtenues par ce moyen.

L'énergie géothermique, de son côté, est déjà exploitée de façon industrielle par des Etats comme l'Italie, l'Islande ou la Californie. Les gisements de vapeur à haute température permettent d'envisager la production d'électricité, mais il paraît malheureusement peu probable que la France en recèle de grandes quantités.

Par contre, les nappes souterraines d'eau chaude (entre 60 °C et 150 °C) peuvent être utilisées dans certaines régions dans d'excellentes conditions pour assurer le chauffage d'ensembles collectifs d'habitation. En raison des avantages de cette forme d'énergie, qui est relativement abondante et dont le prix de revient semble maintenant compétitif avec les formes classiques, le Gouvernement a récemment décidé le lancement d'un programme de recherche et de développement à son sujet. En cas de succès, l'exploitation à l'échelle industrielle de l'énergie géothermique est possible, comme le démontre l'expérience française de Melun (2000 logements chauffés depuis 1970).

La fusion nucléaire enfin, peut donner lieu à beaucoup d'espoir.

Certaines des réactions de fusion existent en effet déjà au sein des étoiles où règnent des températures de plusieurs dizaines de millions de degrés. Mais il faut reconnaître que les difficultés immenses qu'il faut encore surmonter ne se posent pas en termes de moyens matériels mais en termes de découvertes de physique fondamentale. Et si l'on peut augurer que des progrès marquants seront enregistrés, à court ou moyen terme, dans le domaine de la fusion thermonucléaire contrôlée deutérium-tritium, il faut estimer au minimum à plusieurs dizaines d'années la durée qui séparera les premières expériences réussies en laboratoire de la première centrale génératrice d'énergie, sans même parler de série industrielle.

En conclusion, l'énergie solaire et l'énergie géothermique présentent un intérêt suffisant pour justifier les programmes substantiels de

recherche et de développement qui leur sont consacrés en France et dans le monde.

Toutefois, on ne saurait envisager de satisfaire ainsi une part importante des besoins globaux en énergie puisque, au mieux, seule une partie restreinte des besoins en chauffage pourrait être couverte ; en tout état de cause, il est exclu que ces formes nouvelles d'énergie produisent des quantités appréciables d'électricité dans 25 ans. On peut à ce sujet noter que la première pile atomique a été réalisée pendant la dernière guerre et que, plus de 30 ans après, l'énergie nucléaire fournit moins de 1 % de l'énergie consommée dans le monde.

Comment les besoins évolueront-ils ?

Il faut reconnaître qu'en raison de l'évolution des prix, il ne paraît pas possible de prévoir un accroissement de consommation totale de combustibles fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel). Il est même souhaitable, pour le pétrole notamment, de ne pas dépasser le niveau actuel.

Ne peut-on pas, dans ces conditions, freiner la croissance des besoins en énergie ?

Il est raisonnable d'admettre que, même compte tenu des efforts faits pour la limiter, la consommation d'énergie doublera d'ici la fin du siècle et atteindra ainsi par habitant le niveau constaté actuellement aux Etats-Unis ou en Suède.

Ceci n'implique d'ailleurs nullement que le mode de vie français de la fin du siècle doive être analogue au mode de vie américain actuel, pour lequel on prévoit encore un développement rapide de la consommation d'énergie. Mais il est bien évident que l'amélioration du sort des consommateurs les plus défavorisés nécessite à elle seule un développement important des besoins globaux.

Le graphique et le tableau I montrent comment évolueront les besoins dans les 20 pro-

chaines années. On voit sur ce graphique qu'en prenant en compte :

- les prévisions de croissance minimale pour les besoins globaux en énergie,

- des prévisions de développement des énergies nouvelles relativement optimistes,

- la meilleure exploitation possible des ressources nationales (hydraulique, gaz, charbon),

- la nécessité de limiter les importations de combustibles,

l'électricité d'origine hydraulique et nucléaire pourra couvrir :

- dès 1985 la quasi-totalité des besoins en électricité ;

- à la fin du siècle la moitié des besoins totaux en énergie.

Vers l'an 2000 la consommation totale d'électricité sera 5 à 6 fois plus élevée qu'actuellement, soit 1 000 milliards de kWh⁽¹⁾. Il est en effet vraisemblable que vers la fin du siècle la consommation d'électricité se développera moins vite qu'actuellement.

La valeur exacte de cette consommation n'influence en rien les décisions à prendre actuellement - lesquelles ne visent qu'à couvrir les besoins du pays d'ici 1988 - et l'estimation des besoins à long terme n'a pour but que de préparer, de la meilleure façon possible, l'avenir.

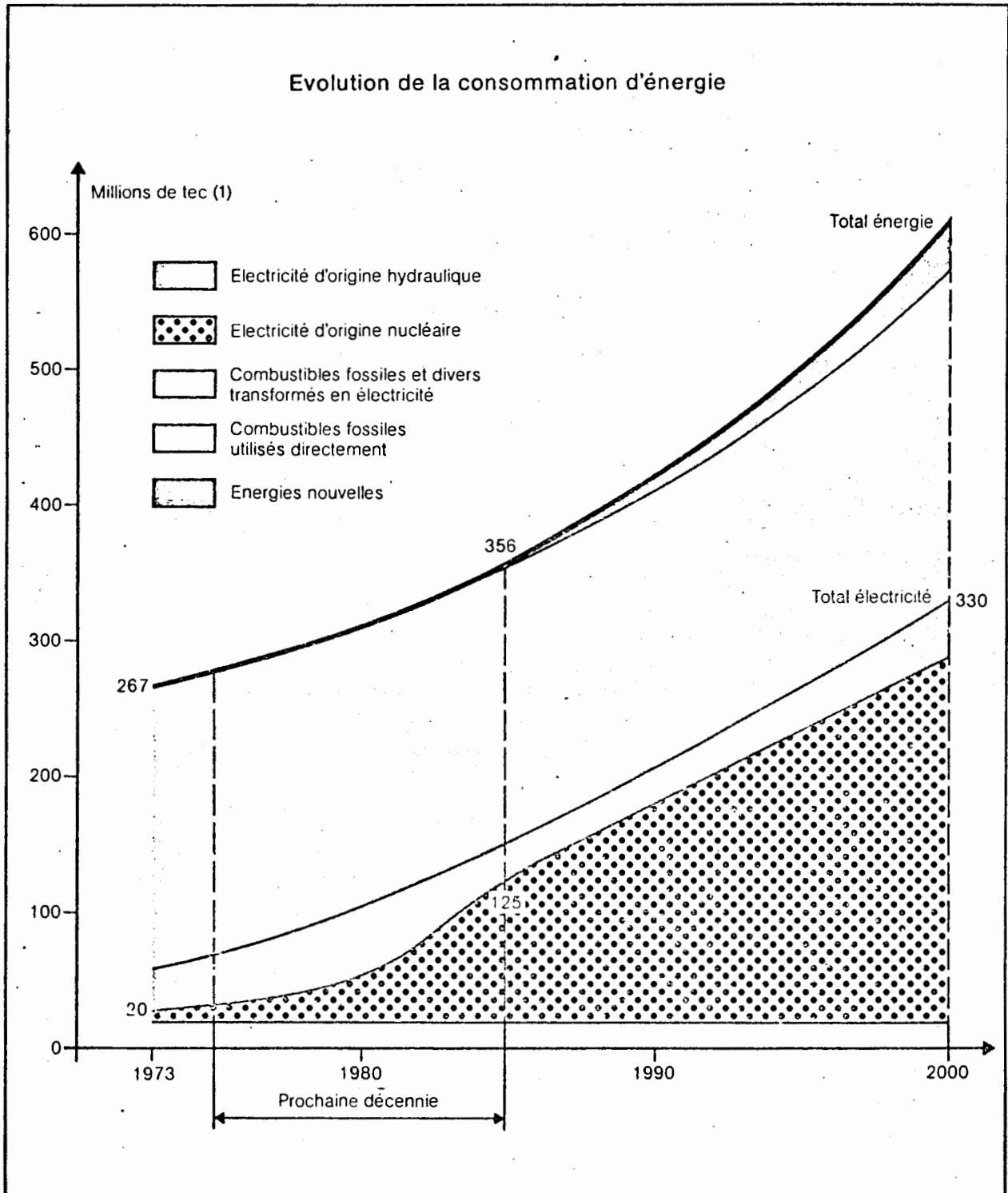
1.2. Production d'électricité

Par les moyens classiques

A l'avenir la production d'énergie électrique sera encore, pour une partie, réalisée par des moyens classiques :

- incinération de déchets urbains ou industriels ;

⁽¹⁾ En 1973, la centrale de Loire-sur-Rhône, près de Lyon, a produit plus de 6 milliards de kWh et 3 autres plus de 5 milliards. La même année, la ville de Paris a consommé 6,7 milliards de kWh.



Bilan en millions de tec (1)					
Années	Hydraulique + nucléaire	Charbon	Hydrocarbures		Total
			Gaz	Pétrole	
1973	20	46	23	178	267
1985	125	35	55	141	356

(1) Pour comparer et additionner entre elles des énergies de différentes natures on les évalue en «tonnes d'équivalent charbon» : 1 tonne de pétrole = 1,5 tec
3000 kWh = 1 tec.

- production d'électricité associée à la fourniture de vapeur industrielle ;
- production d'électricité par des centrales à fuel, mais seulement pendant les heures de pointe ;
- usines hydro-électriques.

Certains pensent en particulier que l'hydraulique n'aurait pas encore tout dit et conserverait même des atouts comme le projet de l'usine marémotrice des îles Chausey.

Il faut néanmoins se rendre compte que ce projet représente 10 millions de tonnes d'équivalent charbon à comparer aux 330 millions de tec nécessaires en fin de siècle. De plus les sujétions d'exploitation, les problèmes que l'on rencontrerait aussi sur le plan de l'environnement font de ce projet une aventure qui paraît difficile à mener à bien et plus coûteuse en investissements que ne l'est son équivalent nucléaire.

Par des centrales nucléaires

La majeure partie de l'énergie électrique proviendra donc nécessairement dans les 30 ou 40 prochaines années des centrales nucléaires utilisant l'énergie de fission ; celles-ci pourront fournir environ 800 à 850 milliards de kWh à la fin du siècle.

La réalisation d'un programme nucléaire important a été annoncée dès le printemps 1973 ; le Premier Ministre avait notamment déclaré à l'époque que l'on ne réaliserait plus de centrales thermiques au fuel après 1976. La modification importante introduite par la crise a été d'une part la substitution de centrales nucléaires aux dernières tranches classiques qu'il était envisagé d'engager au titre des années 1974 et 1975, d'autre part l'anticipation de quelques tranches nucléaires qui se substitueront partiellement aux unités classiques existantes afin de diminuer sensiblement la consommation de combustibles importés dès

le début des années 1980.

1.3. Les centrales nucléaires en 1988 et 2000

La puissance unitaire des unités de production ou des tranches ⁽¹⁾ actuellement en construction est légèrement inférieure à 1 million de kW, mais il est permis d'espérer réduire de façon continue le coût de l'énergie produite en augmentant la puissance des tranches futures : ceci devrait conduire à des tranches de 2 millions de kW vers la fin de la prochaine décennie.

Chaque centrale comportera plusieurs tranches qui seront construites progressivement et aura une puissance finale comprise entre 2 et 10 millions de kW.

Certains sites pourront peut-être même accueillir des puissances supérieures.

Outre les tranches à graphite-gaz de la première génération et la centrale à eau légère de Chooz (Ardennes) qui seront sans doute déclassées ou sur le point de l'être à la fin du siècle, 20 tranches nucléaires pour une puissance totale de 18,5 millions de kW sont en construction (ou envisagées pour un avenir immédiat) et doivent entrer en service entre 1975 et 1980 sur 8 sites (voir tableau II).

Chacune des 20 tranches fonctionnant en moyenne 6 600 heures par an produira environ 6 milliards de kWh et permettra d'éviter l'importation de 1,4 million de tonnes de pétrole.

Ensuite de nouvelles tranches d'une puissance totale d'environ 50 millions de kW pourraient entrer en service entre 1980 et 1988,

⁽¹⁾ Ensemble constitué d'une chaudière nucléaire, d'un turbo-alternateur et d'un transformateur (voir fig. 1).

SITES ACTUELLEMENT UTILISÉS

– Centrales classiques (charbon, fuel ou gaz)

38 sites entre 0,25 et 2,3 millions de kW. Ces sites seront progressivement déclassés.

– Centrales nucléaires en service

	Puissance	Date de mise en service
Marcoule (Gard)	80 000 kW	1959-1960
Chinon II et III (I.-et-L.)	680 000 kW	1965-1966
Chooz (Ardennes)	270 000 kW	1967
Brennilis (Finistère)	70 000 kW	1967
Saint-Laurent-des-Eaux I et II (L.-et-Ch.)	1 000 000 kW	1969-1971
Bugey I (Ain)	540 000 kW	1972
Marcoule (Gard)	233 000 kW (Phénix)	1973

– Centrales nucléaires qui doivent entrer en service entre 1975 et 1980

Fessenheim I et II (Haut-Rhin)	1 800 000 kW
Bugey II, III, IV, V (Ain)	3 650 000 kW
Saint-Laurent-des-Eaux III et IV (L.-et-Ch.)	2 000 000 kW
Gravelines I, II, III, IV (Nord)	3 600 000 kW
Tricastin I, II, III, IV (Drôme)	3 600 000 kW
Dampierre-en-Burly I et II (Loiret)	1 800 000 kW
Creys-Malville (Isère)	1 200 000 kW
Le Blayais I (Gironde)	900 000 kW

– Centrales nucléaires qui devront entrer en service entre 1980 et 1988

Outre l'extension de centrales existantes (Chinon, Fessenheim,...), il est prévu une douzaine de centrales nouvelles nécessitant l'utilisation d'autant de sites supplémentaires.

– Centrales nucléaires qui devront entrer en service entre 1988 et 2000

Outre l'extension de centrales mises en service avant 1988, on devrait construire une vingtaine de centrales nouvelles nécessitant l'utilisation d'autant de sites supplémentaires.

nécessitant l'ouverture d'une douzaine de sites (1).

Enfin, la puissance totale des centrales nucléaires installées à la fin du siècle pourrait être d'environ 170 millions de kW répartis sur 30 à 40 sites.

Il serait intéressant, quand ce ne serait que pour éviter le développement excessif des réseaux électriques à très haute tension, d'obtenir un certain équilibre entre les besoins des

différentes grandes régions de France et la puissance des centrales qui y seront installées. La consommation d'électricité ne se développera évidemment pas au même rythme dans toutes les régions mais, s'agissant de déterminer seulement des ordres de grandeur, on peut néanmoins adopter cette hypothèse simplificatrice.

Les 170 millions de kW envisagés pour la fin du siècle pourraient alors se répartir ainsi :

NORD	Nord-Pas-de-Calais, Picardie, Haute-Normandie, Basse-Normandie, Région Parisienne	50 millions
OUEST	Bretagne, Pays de la Loire, Centre, Poitou-Charentes	30 millions
SUD-OUEST	Aquitaine, Limousin, Midi-Pyrénées	15 millions
SUD-EST	Provence-Côte d'Azur, Rhône-Alpes, Auvergne, Languedoc-Roussillon, Corse	45 millions
EST	Alsacé, Lorraine, Champagne-Ardennes, Bourgogne, Franche-Comté	30 millions

Il est toutefois évident que les équilibres ne sont pas à rechercher systématiquement et ne pourraient certainement pas être obtenus au niveau de chaque région (au sens administratif du terme). La Région Parisienne, par exemple, compte tenu du degré d'occupation des sols, importera une partie importante de son énergie. Certaines régions peuvent se trouver dans des circonstances analogues pour des motifs variés. D'autres zones semblent par contre

avoir une vocation à produire nettement plus qu'elles ne consommeront ; il s'agit en particulier des zones dans lesquelles existent des possibilités importantes de refroidissement (zones côtières, grands fleuves) et où les centrales nucléaires peuvent être implantées de façon satisfaisante.

(1) Dont éventuellement Chinon (Indre-et-Loire), Paluel (Seine-Maritime), Port-la-Nouvelle (Aude).

2. Les centrales nucléaires : structure et sûreté

Cette partie vise à présenter l'outil de production tel qu'il apparaîtra dans la majorité des cas pour les dix années à venir, afin d'en connaître les principales exigences. Elle ne prétend pas répondre à toutes les questions techniques, mais plutôt à celles qui ont une incidence sur le choix des sites. Car, finalement, quelle que soit la filière ou la technique choisie, le besoin en sites reste à peu près le même.

Principes généraux

On oppose souvent les centrales thermiques dites «classiques» aux centrales nucléaires. En fait, la centrale nucléaire ne diffère dans le principe de la centrale thermique à fuel ou à charbon que par l'origine de la chaleur transformée en énergie électrique, car pour le reste, dans les deux cas, il s'agit d'une chaudière que l'on chauffe pour produire de la vapeur qui elle-même produira de l'électricité dans un

groupe turbo-alternateur.

Dans les centrales classiques, la chaleur provient de la combustion du fuel, du charbon ou du gaz. Dans les centrales nucléaires elle provient d'une réaction nucléaire (fission de l'uranium ou d'un corps équivalent).

Ainsi qu'on le constate sur les figures 1 et 2 c'est la seule différence.

Cette seule différence de principe a cependant des conséquences importantes au niveau de la chaudière.

Dans une centrale classique au fuel, il faut fournir à la chaudière le combustible et le comburant (air). Les gaz de combustion ainsi produits cèdent la plus grande partie de leur chaleur au circuit eau-vapeur avant d'être évacués par la cheminée.

Dans le cas d'une centrale nucléaire le combustible produit seul la chaleur, sans communication avec l'extérieur.

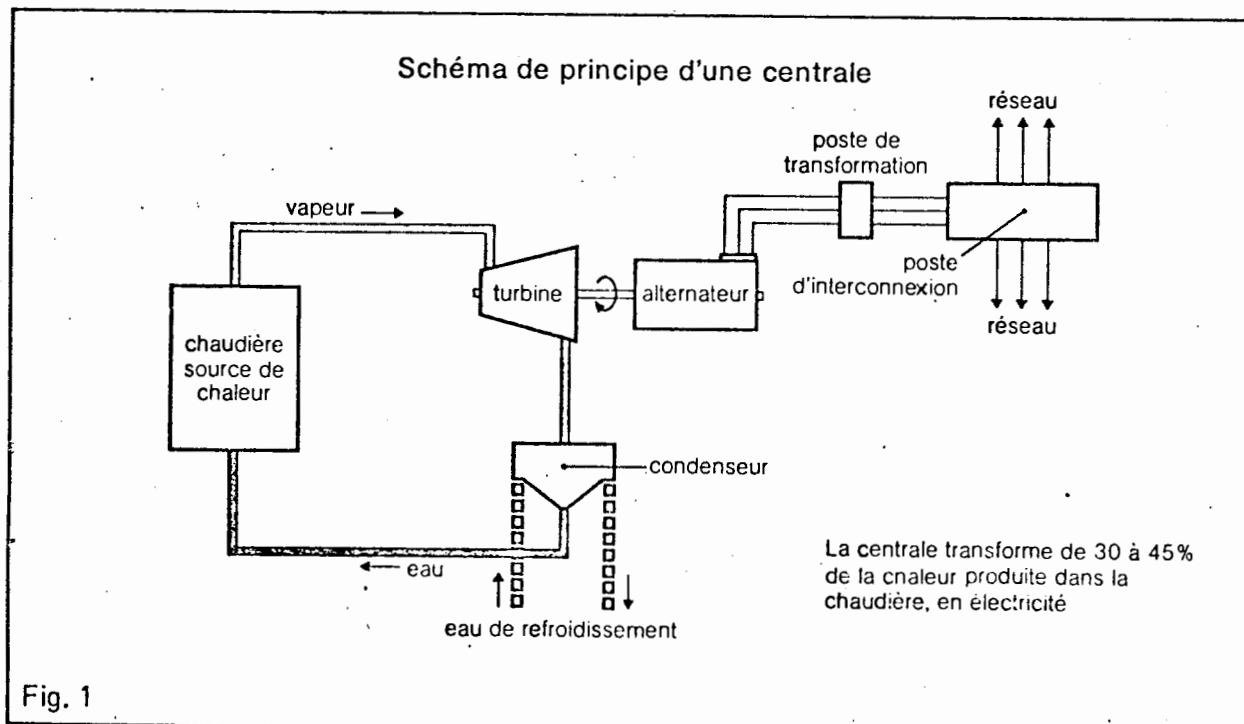
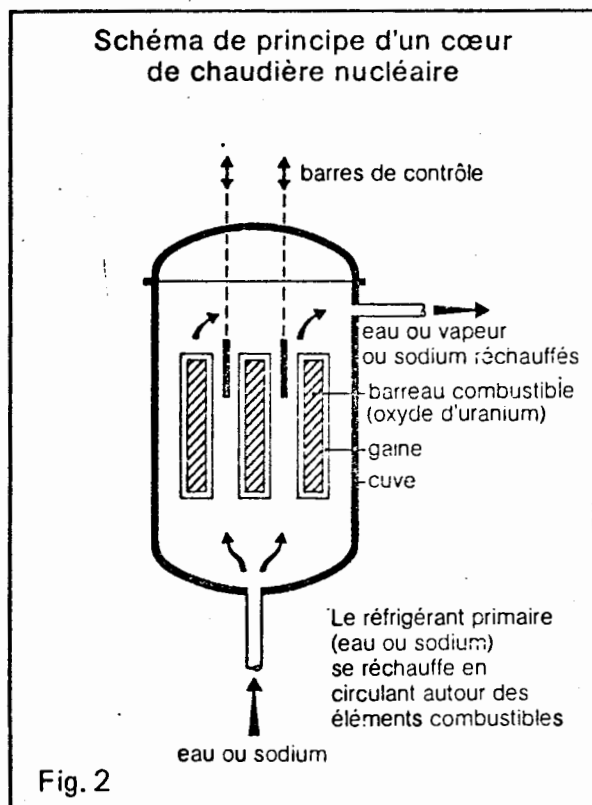


Fig. 1



Les différences précédentes peuvent être illustrées par quelques chiffres :

- une centrale à fuel de 1 million de kW de puissance électrique brûle 1,5 million de tonnes de fuel par an et utilise environ 6,5 millions de tonnes d'air ;
- une tranche nucléaire du type de celles de Fessenheim de 1 million de kW électriques exige annuellement le renouvellement de 25 tonnes d'uranium enrichi, soit le tiers de la charge du réacteur.

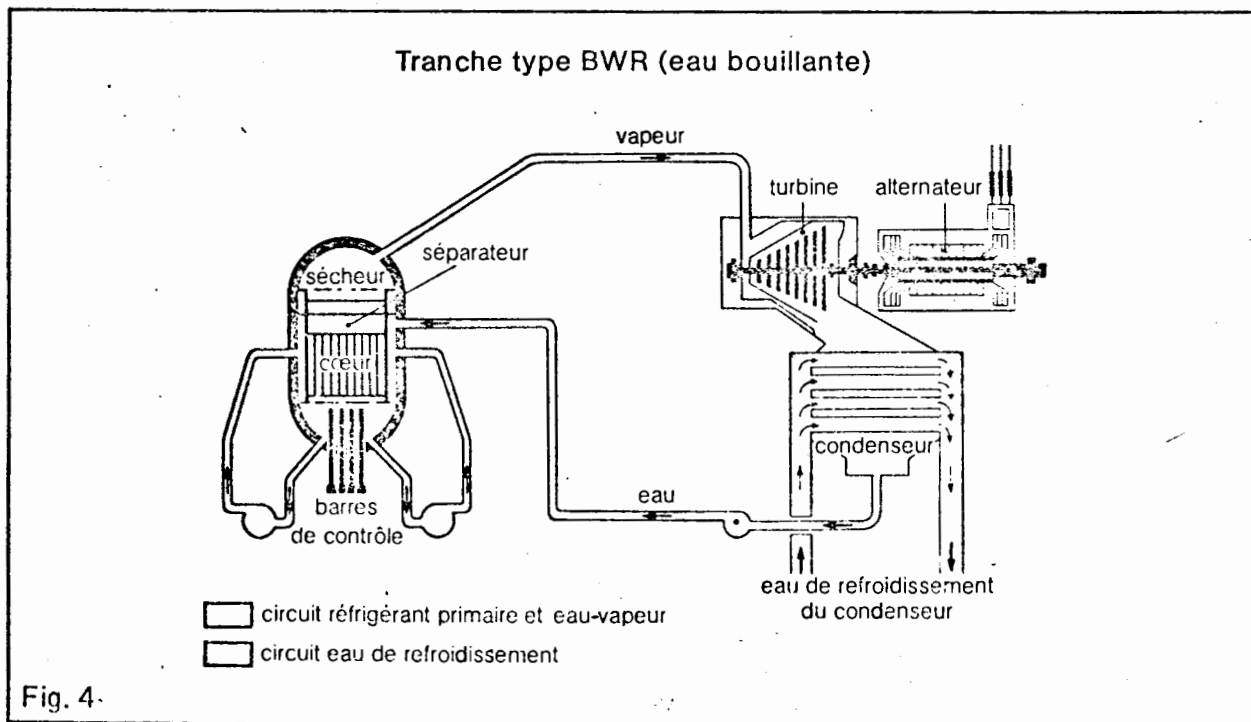
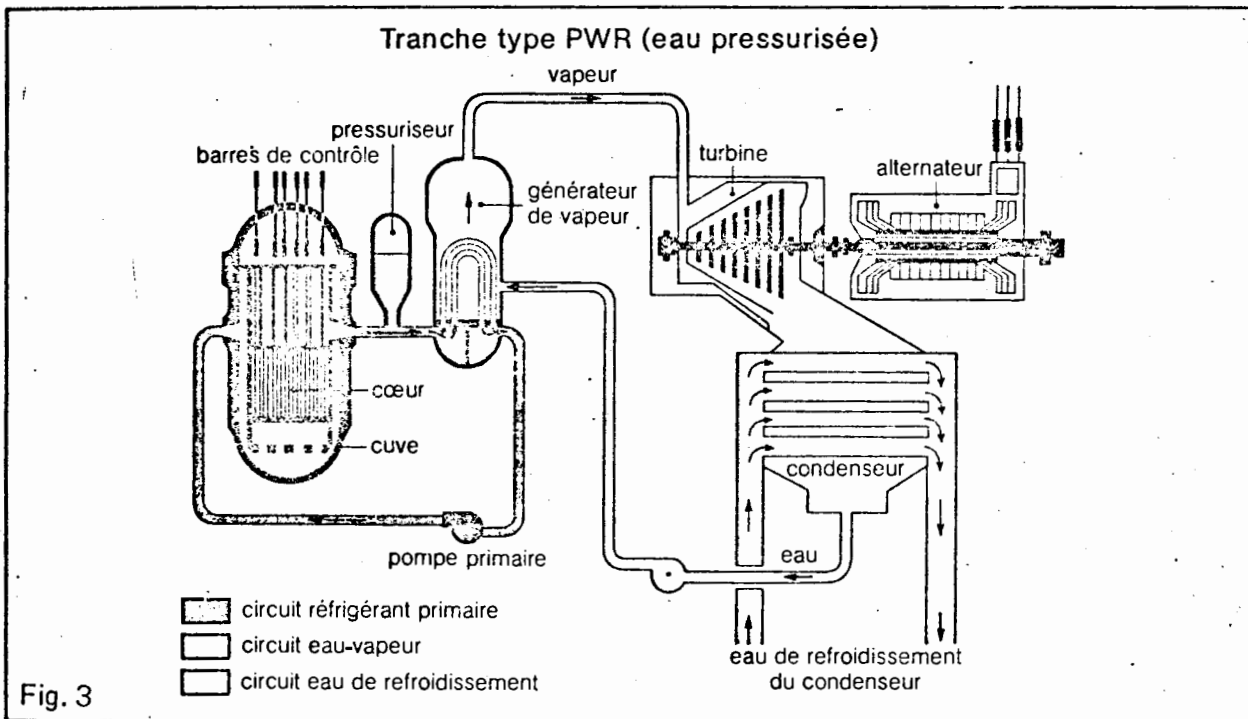
Pour terminer ce bref tour d'horizon, la comparaison des coûts des kWh produits fait ressortir un net avantage de l'énergie nucléaire.

Le coût du fuel intervient pour plus des trois quarts dans le prix de revient. En regard, le coût du combustible nucléaire apparaît com-

me beaucoup moins important, le minerai d'uranium ne comptant que pour 0,50 centime, soit 10 % du coût total.

Coût moyen approximatif du kWh, valeur aux bornes de l'usine supposée produire toute l'année (conditions 1974)	Fuel (centimes)	Nucléaire (centimes)
Investissements	1,7	2,8
Frais d'exploitation	1,1	1,1
Combustibles	7,5	1,4
Total	10,3	5,3

Le reste correspond au coût de l'enrichissement (fait hors de France tant que le projet Eurodif, en cours, ne sera pas mis en service), de la fabrication de ce combustible et de divers traitements.



2.1. Structure d'une tranche type: composants principaux

Les schémas ci-contre rappellent les principaux organes et circuits de fluides pour trois «filiales» nucléaires : la filière à eau ordinaire, système PWR et système BWR (1) qui constituera la majeure partie du parc et la filière dite «rapide» dont le prototype actuel est Phénix et dont l'extrapolation industrielle Super-Phénix est prévue sur le site de Creys-Malville. (Isère).

On observera que pour les trois techniques (voir fig. 3, 4 et 5) deux ou trois circuits indépendants jouent un rôle capital dans le transfert de la chaleur :

– le circuit «réfrigérant primaire» qui extrait la chaleur du cœur. Le fluide utilisé pour le

circuit est l'eau pour les PWR et BWR et le sodium pour la filière rapide ;

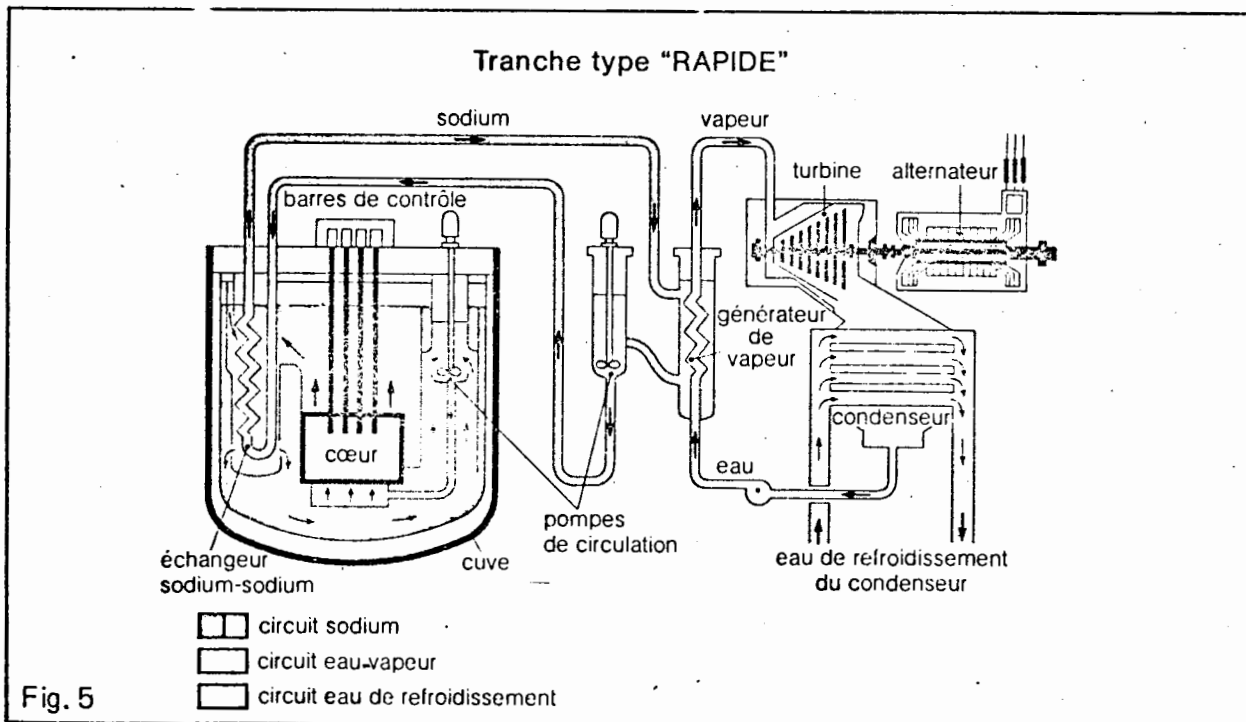
– le circuit «eau-vapeur» qui produit la vapeur nécessaire à la turbine. Ce circuit est confondu avec le premier circuit pour les réacteurs BWR ;

– le circuit d'eau du condenseur (circuit de refroidissement indispensable au fonctionnement de la turbine) qui rejette à l'extérieur les calories non transformées en électricité.

Les assemblages de crayons ou d'aiguilles combustibles ainsi que les barres de contrôle constituant le cœur sont contenues dans une cuve.

Dans la filière PWR l'eau du «circuit primaire» traverse la cuve et extrait la chaleur tout en étant maintenue sous pression élevée de façon à éviter l'ébullition dans la cuve. Dans les réacteurs BWR, au contraire, l'eau entre en ébullition dans la cuve et la vapeur produite actionne directement la turbine.

(1) PWR : Pressurized Water Reactor : réacteur à eau pressurisée. BWR : Boiling Water Reactor : réacteur à eau bouillante.



Les principaux composants d'une tranche type sont groupés dans plusieurs bâtiments caractéristiques. On trouve ainsi pour la tranche à eau et à air :

- le bâtiment réservoir et forme de cylindre à axe vertical de 50 m. de diamètre et 70 m. de hauteur ;

- l'unité des machines - turbine et alternateur en forme de bicyclette à pédale de 600 x 100 m. du côté et de 20 m. de haut ;

- la toute forme d'un réservoir et au bout de laquelle se trouvent les postes électriques par lesquels on réalise la transformation vers un poste de haute tension. On y génère en dehors de l'énergie électrique et assure le transport de l'énergie vers le réseau d'interconnexion ;

On trouve également les tours de refroidissement et les bâtiments de maintenance. Le tout est construit dans une zone marécageuse et on a dû effectuer de nombreuses travaux de dragage pour permettre l'accès par bateau.

3.2. L'installation d'une centrale : organisation générale d'une site

Une des considérations importantes à prendre en compte dans la structure d'une centrale est le mode de refroidissement du condenseur (fig. 6) en effet, il y a deux états de la technique : l'eau qui va se refroidir provient :

- soit directement de la rivière, à un débit ou de la mer (circuit ouvert) ;
- soit d'un circuit fermé équipé de refroidissement atmosphérique ;

On trouve également le bâtiment de la centrale qui est le bâtiment principal de la centrale. On trouve également le bâtiment de la centrale qui est le bâtiment principal de la centrale.

Avec pour une tranche de 1 million de kW à eau ordinaire refroidie en circuit ouvert (fig. 6) où l'eau rejetée est réchauffée de 10 °C, il faut 50 m³/s.

Pour une centrale de 4 tranches ceci conduit à un débit de circulation de 200 m³/s (1). Ces chiffres sont respectivement de 33 m³/s et 132 m³/s pour l'élévation de température au condenseur est fixée non plus à 10 °C mais à 15 °C.

Bien sûr l'élévation de température des rivières n'atteint pas ces 10 ou 15 °C car l'eau sortant des condenseurs est mélangée aux eaux de la rivière non utilisées par la centrale.

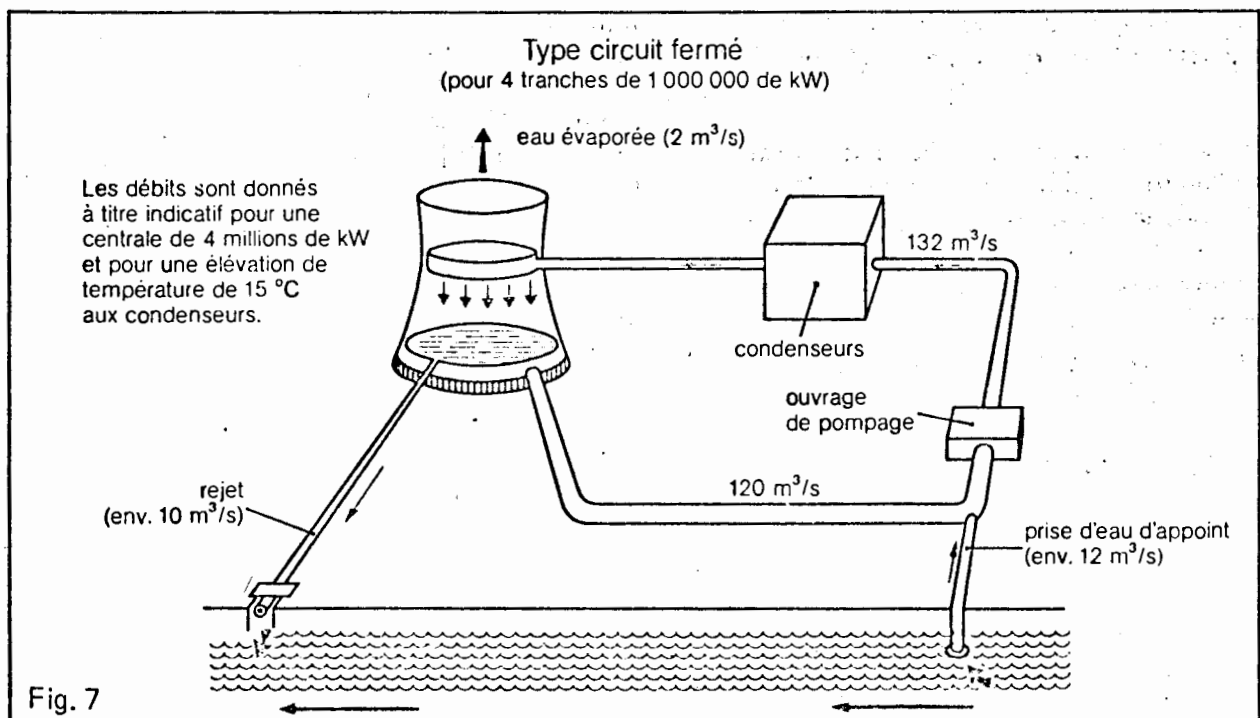
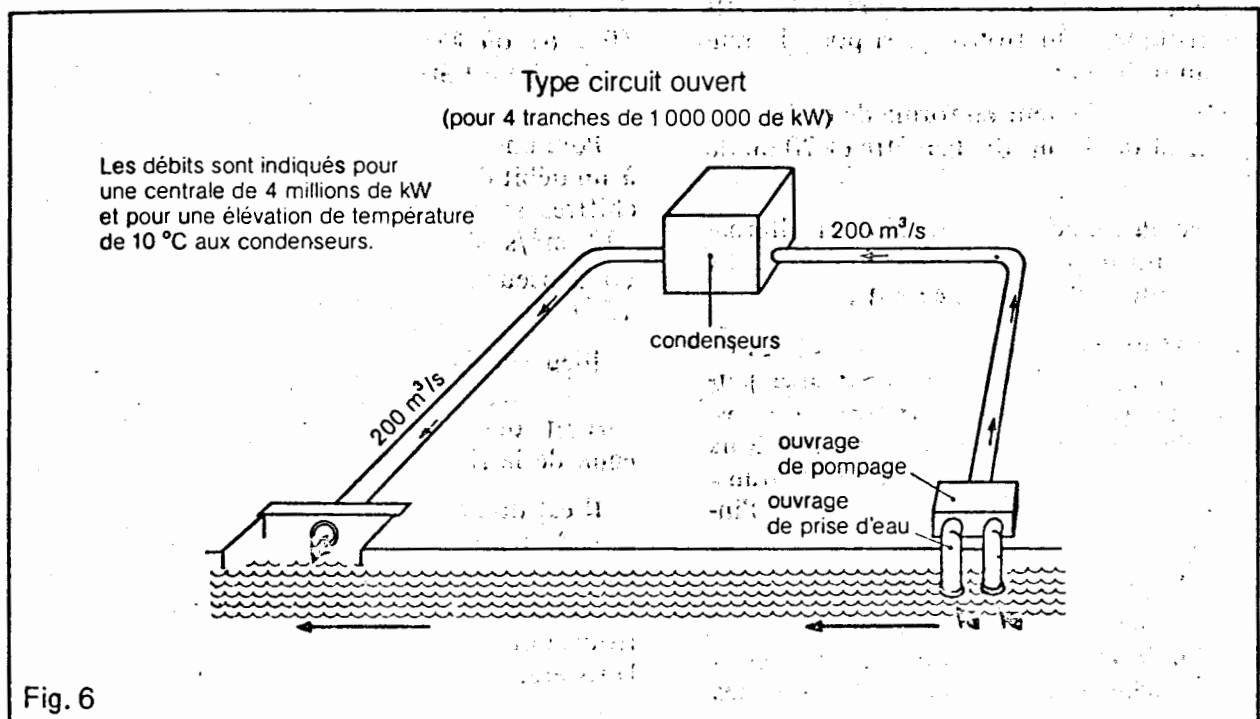
Il est donc clair que, une fois fixée l'élévation de température maximale admise dans la rivière, la puissance que l'on peut installer avec le mode de refroidissement, par circuit ouvert, se trouve déterminée par les débits d'étiage de la rivière.

En mer et en estuaire le problème, quoique plus complexe, se traduit de la même façon : une fois fixé l'élévation de température du milieu dans une zone donnée, la puissance que l'on peut installer se trouve déterminée.

Sur terre, lorsque les débits d'étiage sont faibles les possibilités de refroidissement sont limitées et on doit alors recourir au circuit fermé (fig. 7) dans lequel l'eau traversant le condenseur transfère ses calories à l'atmosphère par un fluide réfrigérant atmosphérique. Dans ce cas, la chaleur passe à l'atmosphère sous forme de vapeur par vaporisation privant ainsi le fluide circulant dans le circuit fermé (pour le circuit ouvert, la chaleur est directement évacuée à la rivière, puis passe progressivement à l'atmosphère à la suite des échanges thermiques à la surface des plans d'eau).

(1) Pour comparaison, le débit moyen du Rhône à la hauteur de Lyon est de 1 020 m³/s, celui de la Loire à l'aval du barrage de Grand-Moulin (Angers) est de 825 m³/s.

Schémas des circuits d'eau de refroidissement des condenseurs



Ainsi, une tranche de 1 million de kW en circuit fermé évapore $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$. On peut constater sur le schéma du circuit fermé (fig. 6) qu'il est nécessaire de prélever dans la rivière un débit plus important. Il faut en effet non seulement compenser l'eau consommée par la vaporisation mais aussi éviter l'entartrage des circuits fermés. Pour une centrale de 4 tranches, il faut disposer d'environ $12 \text{ m}^3/\text{s}$ dont $10 \text{ m}^3/\text{s}$ sont restitués à la rivière, puisque $2 \text{ m}^3/\text{s}$ environ sont évaporés.

Finalement, compte tenu des caractéristiques des cours d'eau et du littoral français et en recourant soit au circuit fermé, soit au circuit ouvert en bord de mer, il apparaît envisageable de réaliser des centrales comportant 4 ou même 6 tranches de 1 million de kW chacune.

Aussi une centrale de 4 tranches (fig. 8, 9, 10) comporterait, en plus des bâtiments de tranche décrits ci-dessus :

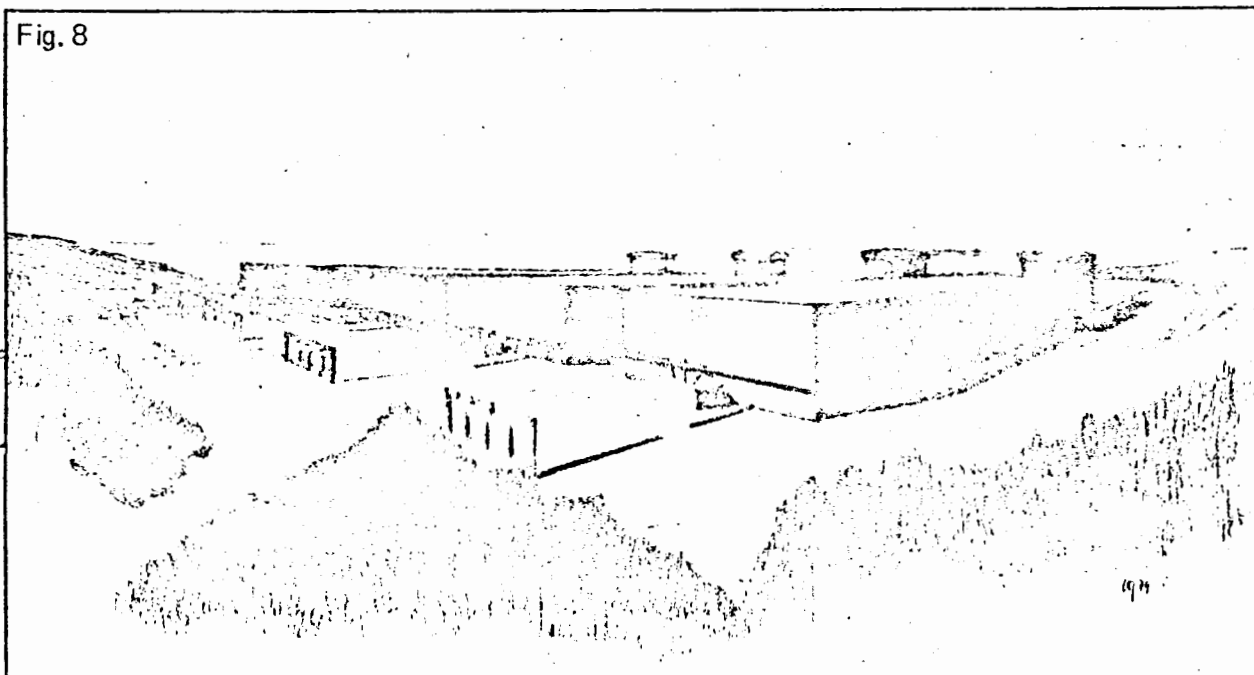
– les ouvrages de prise et de rejet d'eau, éventuellement les réfrigérants atmosphériques. Ces derniers, en général, sont constitués de tours hyperboliques dont le diamètre à la base varie de 100 à 150 m et dont la hauteur peut atteindre 170 m ;

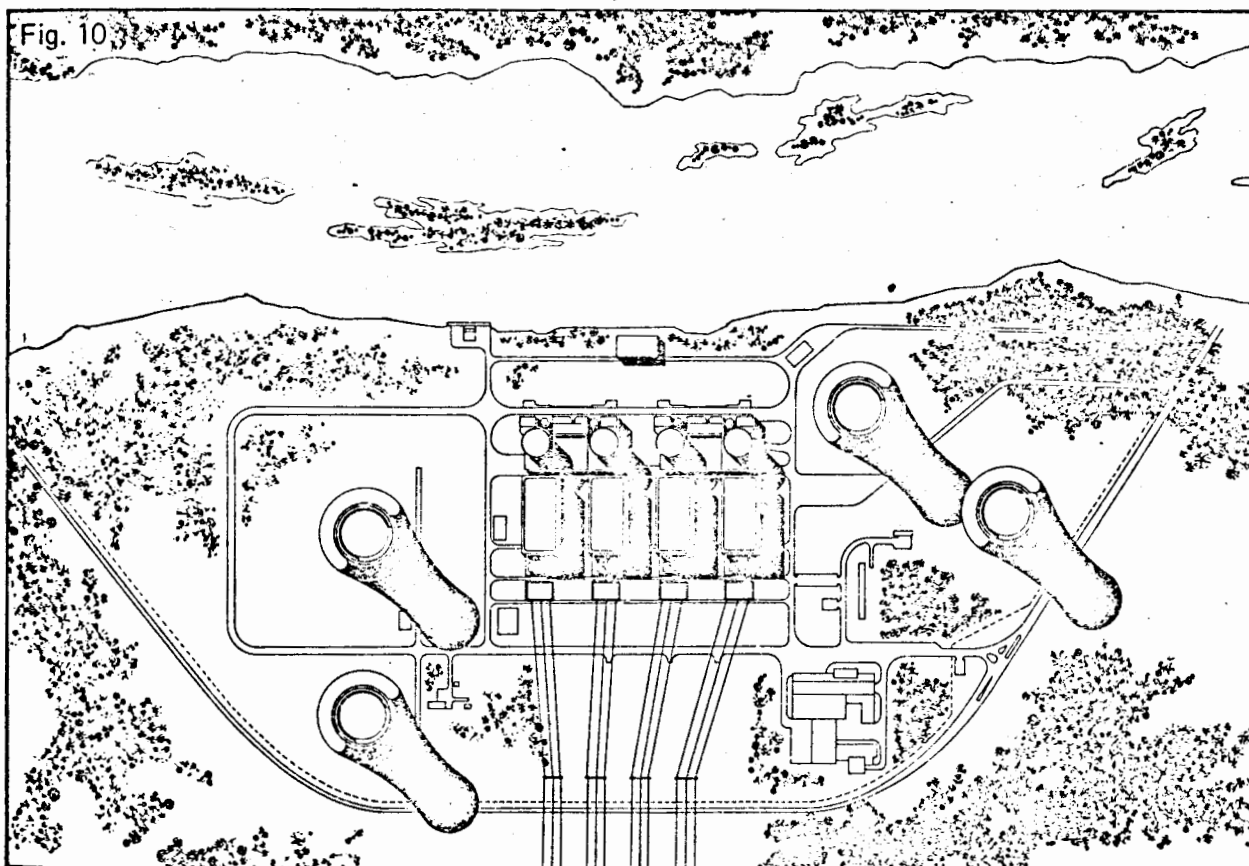
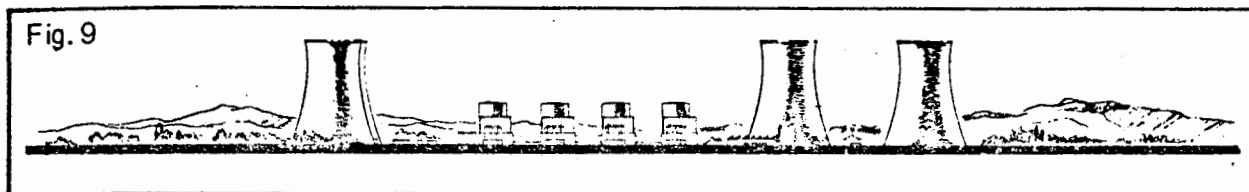
– les bâtiments à usage de bureaux, les ateliers et les bâtiments sociaux.

Bien que les 4 tranches ne couvrent que 8 à 10 ha, c'est une superficie de l'ordre de 150 à 200 ha qui est réservée pour installer la centrale avec ses annexes et pour assurer la transition entre l'usine et le paysage qui l'entoure avec, le cas échéant, un remodelage du relief et un aménagement de la végétation.

Enfin, on peut noter qu'une centrale implantée sur un littoral en falaise peut être encastrée dans la falaise et partiellement dissimulée. Par contre, une centrale équipée de réfrigérants atmosphériques comportera au moins une tour de refroidissement par tranche dont le volume ne pourra être que difficilement masqué.

Fig. 8





2.3. Sûreté et radioprotection

2.3.1 Rappel sur les rayonnements et la radioactivité.

Il existe différents types de rayonnements associés à l'énergie nucléaire et susceptibles d'affecter l'organisme humain : les rayonnements alpha (formés de noyaux d'hélium), bêta (formés d'électrons), gamma et X (de même nature que la lumière, mais très pénétrants), et le rayonnement neutronique.

On mesure l'action des divers rayonnements sur les organismes vivants en rem, et habituellement en millièmes de rem, en abrégé mrem. Cette unité de mesure mise au point par les médecins prend en considération les effets biologiques des différents types de rayonnements ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ On ne doit pas confondre le rem et le nrem avec le curie qui mesure le nombre de désintégrations qui se produisent par seconde dans un corps radioactif : 1 km³ d'eau de mer correspond à 300 curies dus à la présence de corps naturellement radioactifs.

Nous vivons dans un monde naturellement radioactif et les différents types de rayonnements cités plus haut nous atteignent tous les jours. Il n'existe aucune différence de nature entre les rayonnements artificiels et naturels.

La radioactivité naturelle provient du sol et du ciel

Le sol :

Un certain nombre d'éléments naturels radioactifs existent dans l'écorce terrestre : il s'agit principalement de l'uranium, du thorium, du radium, du potassium 40 (1) et de leurs dérivés.

La radioactivité naturelle correspondante existe partout, mais peut varier énormément d'un point à un autre.

En France, la dose moyenne d'irradiation correspondante pour les habitants varie suivant la nature du sol, de 30 mrem/an (certains sous-sols crayeux) à 100-150 mrem/an (sols granitiques).

Le ciel :

Au-delà de l'atmosphère existent des flux de particules dotées d'énergie élevée (principalement des noyaux d'hydrogène et d'hélium) que l'on nomme rayons cosmiques. Leur origine est diverse : le soleil d'abord, puis des sources stellaires plus lointaines. Les rayons cosmiques, absorbés par l'atmosphère, n'atteignent que peu le sol. Mais ils créent dans l'air un certain nombre de corps radioactifs.

Les plus importants du point de vue biologique sont certainement le carbone 14 (2), que l'on retrouve un peu partout, et le tritium, isotope de l'hydrogène, que l'on retrouve dans l'eau de pluie et des océans.

La dose moyenne correspondante pour un homme au niveau de la mer est de 30 mrem/an. En altitude, ce chiffre augmente. A Gap, ville située à plus de 700 m, la dose sera de 45 mrem/an environ.

D'une manière générale, des éléments radioactifs naturels existent dans tout milieu et tout objet. La mer contient entre autres du potassium 40. La radioactivité des eaux douces varie énormément suivant les régions. Des aliments courants (lait, pommes de terre...) contiennent normalement du potassium 40 et du carbone 14.

Rayonnement de notre propre corps

Notre corps lui-même renferme du potassium 40, du carbone 14 et d'autres éléments radioactifs. Nous nous irradiions donc nous-mêmes. L'ordre de grandeur correspondant pour un adulte est de 20 mrem/an.

Doses totales d'irradiation dues à la radioactivité naturelle

Il est difficile de calculer la dose d'irradiation naturelle totale pour un individu donné. Il faut faire intervenir des paramètres aussi divers que la nature des murs de son habitation et la composition de son alimentation.

• Pour obtenir un ordre de grandeur, on peut ajouter les trois doses dues respectivement à la nature du sol, aux rayons cosmiques et au corps humain lui-même.

Sur un sol de faible radioactivité (craie, par exemple) et au niveau de la mer, la dose calculée sera :

• 30 mrem/an (due au sol) + 30 mrem/an (origine rayons cosmiques) + 20 mrem/an (irradiation propre du corps humain) = 80 mrem/an.

Par contre, les habitants de zones granitiques de moyenne altitude (500 m) pourront recevoir :

100 mrem/an (due au sol) + 40 mrem/an

(1) Il existe deux variétés de potassium ayant les mêmes propriétés chimiques. Le potassium 39 et le potassium 40 qui est seul radioactif. Ces deux éléments sont appelés isotopes

(2) Isotope du carbone ordinaire ou carbone 12.

(origine : rayons cosmiques) + 20 mrem/an (irradiation propre du corps humain) = 160 mrem/an.

Ainsi, les doses d'irradiation naturelle peuvent donc couramment varier du simple au double.

2.32 Les doses dues aux centrales nucléaires

L'augmentation de la radioactivité ambiante autour des centrales nucléaires existantes est à peine décelable par les appareils les plus précis et, de toute façon, bien inférieure aux variations de la radioactivité naturelle.

En fait, on peut estimer que à la limite même du site de la centrale, la dose d'irradiation pour une personne y séjournant toute l'année serait de l'ordre de quelques mrem/an. A un kilomètre, elle serait de l'ordre de un mrem/an, à 10 kilomètres de 0,1 mrem/an (à comparer aux 80 à 160 mrem/an cités ci-dessus).

On notera que 5 mrem/an est la dose supplémentaire à laquelle on s'expose lorsqu'on quitte une localité pour habiter une localité 250 m plus haut (en gros, la dénivellation entre Paris et Epinal). Tout ceci est négligeable non seulement vis-à-vis de la radioactivité naturelle mais aussi de ses variations courantes d'un point à un autre.

Ceci est valable en marche normale ; mais en cas d'accidents ?

Les seuls accidents mortels se sont produits dans des installations expérimentales, pour la plupart à usage militaire ; ils ont entraîné, depuis 30 ans et pour le monde entier, la mort d'un nombre total de personnes inférieur à 10.

Toutefois il s'est produit, comme dans toute technique nouvelle, certains incidents. Celui de Saint-Laurent-des-Eaux en 1969 ⁽¹⁾ en est un exemple ; il a nécessité un an de réparations, mais il n'a entraîné aucune contamination extérieure.

Ces accidents liés au développement d'une nouvelle technologie sont en nombre excep-

tionnellement faible au regard des réalisations obtenues : ce résultat est dû à la rigueur des précautions prises dans tous les domaines qui touchent à l'énergie nucléaire. Pour aucune autre technique on ne compte aussi peu d'incidents.

Les premiers réacteurs industriels de production d'électricité sont maintenant en service depuis plus de 15 ans : il en existe plus d'une centaine dans le monde et il n'y a eu, du fait de ces réacteurs, ni en France ni dans les autres pays possédant des centrales nucléaires, aucun accident mortel dû à la radioactivité, ni parmi le personnel ni parmi la population.

En 1974, une étude concernant les risques courus par le public par d'éventuels accidents de centrales nucléaires a été effectuée sous l'égide de la Commission de l'Energie Atomique des Etats-Unis et sous la direction d'un professeur du Massachusetts Institute of Technology, Norman C. Rasmussen.

Cette étude bénéficie de l'expérience de 15 années de fonctionnement des centrales électronucléaires ainsi que de la méthodologie scientifique mise au point à l'occasion des explorations spatiales pour la prévision des défaillances d'un matériel technique. Elle concerne les centrales à eau ordinaire, qui forment l'essentiel du programme nucléaire français.

Le professeur Rasmussen a établi un premier projet de rapport, actuellement soumis à l'examen et à la critique des spécialistes du monde entier. Comparant les risques provenant des centrales nucléaires, autant que l'expérience actuelle permet de les estimer, aux risques résultant des autres activités humaines, le projet conclut que la technique de ces centrales est à présent une des plus sûres que l'humanité possède.

En Suède, à la demande du gouvernement, un rapport d'experts sur le même sujet a été

⁽¹⁾ Echauffement excessif de quelques éléments combustibles dans le cœur du réacteur.

remis en juin 1974. Il est connu sous le nom de rapport S.O.U. 1974 : 56.

Il aboutit aux mêmes conclusions que le projet de rapport du professeur Rasmussen.

2.33 Principes généraux de sûreté et de radioprotection

La sûreté recouvre l'ensemble des dispositions techniques imposées au stade de la conception, de la construction, puis de l'exploitation et finalement du déclassement des installations pour assurer le fonctionnement normal, prévenir les accidents et en limiter les effets. Elle fait appel à la compétence technique des ingénieurs : ceux de l'exploitant et des constructeurs d'une part, ceux de l'administration et des organismes techniques qui l'assistent d'autre part.

La radioprotection correspond aux dispositions prises pour protéger les travailleurs et le public contre les risques éventuels présentés par l'installation, aussi bien pendant son fonctionnement normal qu'en cas d'incident. Elle concerne l'homme et son milieu, et c'est donc une responsabilité de médecins et de radiobiologistes.

Indépendamment des dispositions intrinsèques de sécurité de l'installation prises au titre de la sûreté nucléaire, la radioprotection se préoccupe de protéger la santé de l'homme par la protection de son environnement. Elle effectue donc la surveillance de la contamination radioactive éventuelle de l'environnement, ainsi que de l'irradiation de l'homme qui pourrait en résulter, qu'il s'agisse des travailleurs ou de la population.

En France, lorsque l'installation est construite, son fonctionnement fait l'objet de règles précises, assorties d'un contrôle rigoureux effectué par l'exploitant responsable. Elle est en outre soumise à une double surveillance de l'administration :

— la sûreté est contrôlée par des «Inspecteurs des installations nucléaires» qui procèdent à

des visites sur place et peuvent déclencher les actions administratives nécessaires ;

— la radioprotection de l'homme et de son milieu, qu'il s'agisse de la population dans son ensemble ou des travailleurs, est assurée sous le contrôle permanent du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, service technique du Ministère de la Santé et du Travail.

Quant au Service National de la Protection Civile du Ministère de l'Intérieur, il instruit et met en place dans les centres de secours des équipes de détection de la radioactivité qui peuvent intervenir en cas d'incident et à tout instant.

On est donc conduit à examiner :

- le fonctionnement normal de la centrale et la radioprotection ;
- la prévention des accidents et la limitation de leurs conséquences.

Fonctionnement normal et radioprotection

D'une manière schématique, les très faibles doses d'irradiation à l'extérieur de la centrale sont dues :

• au fait que la quasi-totalité des produits radioactifs se trouvent dans le combustible et y restent. Ils sont séparés de l'extérieur par des barrières successives, généralement au nombre de trois :

— le combustible, source de chaleur, est contenu dans des tubes métalliques formant une première barrière destinée à empêcher la dispersion des matières radioactives qu'il contient et qui se forment au fur et à mesure des réactions de fission ;

— l'eau refroidissant le combustible nucléaire, ainsi protégé par sa gaine, est elle-même contenue dans une enveloppe sous pression (ensemble de la cuve et des tuyauteries), constituant une seconde barrière ;

— la chaudière nucléaire, enfin, est contenue

dans un bâtiment étanche appelée enceinte de confinement, qui constitue une troisième barrière contre la dispersion éventuelle des produits radioactifs en cas d'incident sur les barrières précédentes ;

- au contrôle extrêmement strict des rejets radioactifs.

En régime normal, une centrale électronucléaire émet quelques effluents faiblement radioactifs qui proviennent essentiellement de l'eau de la chaudière en contact avec les assemblages combustibles et avec les structures du cœur. Le contrôle et la décontamination sont effectués dans des circuits spécialisés de la centrale (circuit de contrôle volumétrique et chimique, circuit de traitement des effluents). Seule une part très faible des produits radioactifs est rejetée à l'extérieur, toujours après un traitement approprié. Qu'ils soient solides, liquides ou gazeux, ils ne sont évacués de la centrale que sous le strict contrôle du Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (SCPRI). Les déchets solides sont stockés dans les dépôts spécialisés. Les effluents liquides ou gazeux ne sont rejetés dans le milieu ambiant que si la radioactivité qu'ils ajoutent ne représente qu'une faible fraction de la radioactivité naturelle, conformément aux recommandations de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) ⁽¹⁾.

Les limites maximales admissibles retenues par la réglementation française sont fondées sur des recommandations de la CIPR. L'administration en fixe les modalités pratiques d'application en déterminant en particulier les rejets autorisés pour chaque centrale, qui sont de toute façon maintenus aussi bas que possible au-dessous des limites fixées. Il n'est procédé à aucun rejet liquide sans que sa radioactivité ait été au préalable mesurée.

⁽¹⁾ Créée en 1927 par des médecins, cette commission regroupe les plus grandes autorités médicales compétentes et ses recommandations sont suivies par tous les États et les institutions internationales.

Le personnel de l'installation effectue toutes mesures nécessaires dans le voisinage, de manière permanente, afin de détecter immédiatement toute éventuelle modification et d'en rendre compte aussitôt au SCPRI.

Une stricte comptabilité des rejets (liquides, gazeux et solides) est tenue à jour et régulièrement communiquée au SCPRI qui procède de son côté à de nombreux contrôles de ces rejets et à une surveillance générale de l'environnement et de la population.

Prévention des accidents et limitation de leurs conséquences

On notera tout d'abord qu'il est physiquement impossible à un réacteur nucléaire d'exploser comme une bombe atomique.

Dans une bombe, lors du déclenchement de l'explosion, les pièces contenant la matière fissile presque pure (uranium 235 ou plutonium) sont violemment rapprochées dans un temps extrêmement court et maintenues en contact pour former une masse explosive. Au contraire, dans le réacteur, le combustible est très dispersé au milieu des autres matériaux.

Par ailleurs, dans la plupart des réacteurs le combustible contient de 2,5 à 20 % de matière fissile alors que le « combustible » de la bombe doit en contenir plus de 90 %.

Pour la sûreté proprement dite et sans entrer dans les détails techniques, on peut dire que les dispositions correspondantes s'étendent aussi bien aux périodes d'études et de conception qu'aux périodes de réalisation et d'exploitation.

La prévention des accidents repose sur la rigueur apportée dans la conception, la construction et les tâches d'exploitation et d'entretien. On imagine en outre, par avance et de façon systématique, les différents types d'accidents (même les moins vraisemblables) qui pourraient se produire et dont on évalue la

probabilité. Les conséquences sont analysées et la centrale est construite de façon à donner au public et au personnel une protection contre les conséquences de tous les accidents.

Par exemple, pour dimensionner les principaux dispositifs de sécurité et notamment l'enceinte de confinement (3^e barrière), on prend en compte un des accidents qui pourraient conduire aux conséquences les plus graves : l'arrêt momentané de la réfrigération du cœur du réacteur. Aucun accident de ce type ne s'est produit depuis le début de l'exploitation des centrales nucléaires. On possède une expérience industrielle des circuits haute pression, tels que ceux qui contiennent l'eau de réfrigération, mais on apporte une rigueur accrue dans la conception, la construction et la surveillance en service des circuits des centrales nucléaires.

Par ailleurs, une rupture de canalisation ne conduit pas forcément à l'arrêt de réfrigération du cœur du réacteur. Néanmoins les réacteurs possèdent un système de réfrigération de secours constitué par plusieurs circuits identiques et indépendants, chacun d'entre eux étant capable d'assurer à lui seul la réfrigération même si l'alimentation en énergie électrique vient à manquer.

La centrale est par ailleurs construite pour résister aux agressions de l'environnement : séismes, inondations, chutes d'avion, incendies ou explosions dus par exemple à des installations industrielles proches.

En outre, EDF et les différentes sociétés industrielles ont mis en place les structures nécessaires pour que chaque action susceptible de concerner la sûreté et la fiabilité lors de la construction d'une centrale nucléaire subisse un double contrôle.

Un premier contrôle, nommé contrôle interne, s'exerce à l'intérieur du service. Le second contrôle, nommé contrôle externe, est assuré par des personnes hiérarchiquement indépendantes des services contrôlés et engageant personnellement leur responsabilité.

2.34 Les dossiers de sûreté et de radioprotection

Pour être autorisé à construire et mettre en service une centrale nucléaire, l'exploitant est tenu de remettre à l'administration un certain nombre de rapports décrivant les différentes dispositions techniques prévues tant en matière de sûreté que de radioprotection.

- Tout d'abord, EDF dépose auprès du Ministère de l'Industrie et de la Recherche une demande d'autorisation de création accompagnée de rapports traitant de la sûreté et de la radioprotection.

Ces éléments relatifs à la sûreté sont examinés par le Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires (Service du Ministère de l'Industrie et de la Recherche) qui prend l'avis d'un groupe permanent chargé de l'étude des problèmes techniques que posent en matière de sûreté la création, la mise en œuvre, le fonctionnement et l'arrêt définitif des réacteurs nucléaires. Ce groupe permanent comprend des représentants du Ministère de l'Industrie et des experts nommés par le ministre. Les conclusions du groupe devant lequel sont présentés les résultats de « l'analyse de sûreté » pratiquée par le Commissariat à l'Energie Atomique à la demande du Service Central de Sûreté des Installations Nucléaires, sont un des éléments importants pour l'élaboration du projet de décret d'autorisation de création.

Les éléments relatifs à la radioprotection sont examinés par le SCPRI qui vérifie que le fonctionnement de la centrale est sans conséquences pour la santé de l'homme et la sauvegarde du milieu.

Les conclusions du SCPRI constituent le second élément important du projet de décret.

Ce projet est soumis à la Commission Interministérielle des Installations Nucléaires de Base, qui regroupe tous les ministères intéressés dont ceux de la Santé, de la Qualité de la

vie (Environnement), de l'Intérieur (Direction Générale des Collectivités locales, Direction du Service National de la Protection Civile) et du Travail.

De toute façon, l'autorisation ne peut être accordée sans l'accord du Ministère de la Santé qui doit donner un avis «conforme» et dispose ainsi d'un droit de veto en la matière.

- Six mois avant la date prévue pour le premier chargement en combustible nucléaire, EDF doit présenter au ministre de l'Industrie et de la Recherche une proposition de règles générales d'exploitation.

Ce rapport est examiné par le Service Central de Sécurité des Installations Nucléaires qui prend de nouveau l'avis du groupe permanent dans les mêmes conditions que ci-dessus.

L'autorisation de procéder au chargement et aux essais de fonctionnement est accordée par le ministre de l'Industrie et de la Recherche.

- L'approbation de mise en exploitation normale est subordonnée à l'examen par le Service Central de Sécurité des Installations Nucléaires des enseignements tirés des essais de mise en service.

L'autorisation de mise en exploitation est accordée par le ministre de l'Industrie et de la Recherche ; celui-ci peut également la suspendre à tout moment, notamment sur proposition du ministre de la Santé publique.

2.35 Traitement du combustible et déchets radioactifs

Au cours de son fonctionnement une centrale produit du combustible irradié qui doit être traité, des effluents liquides et gazeux et divers déchets d'exploitation.

Le combustible irradié et les déchets qui représentent de faibles volumes ne sont pas con-

servés à la centrale mais transportés dans des usines spécialisées (La Hague, Marcoule).

Le transport des produits radioactifs est une technique bien au point soumise à une réglementation très stricte.

Traitement du combustible

Les produits radioactifs, puisqu'ils se désintègrent, se transforment progressivement en produits non radioactifs. La décroissance de la radioactivité est rapide pour la plupart d'entre eux.

Après avoir séjourné à la centrale quelques mois pendant lesquels leur radioactivité décroît de 98 %, les éléments combustibles usés sont évacués dans des conteneurs blindés vers une usine de traitement. L'uranium une fois traité pourra être utilisé à nouveau.

Parmi les produits de fission extraits du combustible irradié, une partie est utilisée par la médecine et l'industrie ; le reste, très radioactif, inutilisable pour le moment, est actuellement stocké (voir ci-après «Stockage des déchets de forte radioactivité»).

Le plutonium est utilisé à nouveau comme combustible : seule une faible partie (1 à 2 %) se retrouve dans les déchets (voir ci-après «Stockage des déchets de forte radioactivité»).

Effluents gazeux et liquides

Comme on l'a vu plus haut, les rejets des centrales sont peu abondants et faiblement radioactifs.

Par contre, ils sont plus importants dans les usines de traitement du combustible en raison même des opérations chimiques qui y sont effectuées.

Ces usines font donc l'objet de mesures spécifiques et d'un contrôle renforcé. En

France, elles sont au nombre de deux. Elles resteront de toute façon très peu nombreuses, même à long terme.

Déchets de faible et moyenne radioactivité

Certaines pièces, telles que les filtres d'épuration des effluents, les boues des installations de traitement d'effluents liquides, les détritiques divers contaminés qui constituent les déchets solides sont stockés dans des récipients étanches et évacués vers un centre de stockage. Ces déchets, une fois compactés, sont mis dans des blocs de béton et entreposés dans des tranchées.

Stockage des déchets de forte radioactivité

Le problème délicat se situe au niveau des produits radioactifs de forte radioactivité provenant du combustible traité. Pour ne pas engager l'avenir ils sont actuellement conservés sous forme liquide dans des réservoirs à double enveloppe surveillés en permanence et refroidis. Cette forme de stockage permet la reprise des produits ainsi conservés si l'on souhaite un jour utiliser d'autres techniques.

La solution consistant à vitrifier ces déchets est une solution techniquement au point. Une installation industrielle pilote fonctionne depuis 2 ans au centre du CEA de Marcoule. Le volume de déchets vitrifiés de toutes les centrales françaises d'ici l'an 2000 tiendrait dans deux piscines de taille moyenne.

Au total, le supplément de radioactivité apporté par les rejets par rapport à la radioactivité naturelle est négligeable non seulement vis-à-vis du niveau moyen de la radioactivité naturelle mais aussi de ses variations d'un point à l'autre du territoire.

Il est en outre possible de stocker provisoirement des effluents gazeux sous pression et des effluents liquides afin de profiter de la décroissance radioactive naturelle de certains éléments avant de les rejeter.

2.36 Démantèlement des centrales nucléaires

On parle souvent d'une durée de vie de

20 ans pour les centrales nucléaires. En fait, ces 20 années représentent la durée de fonctionnement qui est utilisée dans les calculs économiques. Elle est inférieure à celle qui est adoptée pour les calculs économiques concernant les centrales thermiques classiques (30 ans) de façon à tenir compte d'une évolution possible de la rentabilité des centrales existantes qui conduirait à leur arrêt anticipé.

Mais le matériel lui-même est conçu pour durer 40 ans au minimum. Une centrale nucléaire pourrait donc, comme une centrale thermique, fonctionner au moins 30 ans.

Lorsque l'arrêt définitif d'une centrale nucléaire est décidé (c'est le cas actuellement pour la tranche prototype n° 1 de la centrale de Chinon) plusieurs possibilités techniquement réalisables se présentent :

- « mise en cocon » temporaire de l'installation avec surveillance ;
- démantèlement partiel ;
- démantèlement total

Dans tous les cas le combustible sera déchargé. Un certain délai entre l'arrêt et le démontage reste favorable car il permet une diminution importante de la radioactivité.

L'emprise au sol d'un réacteur nucléaire étant faible, il serait alors possible de réutiliser le terrain de la centrale pour la construction d'autres réacteurs.

Le démantèlement partiel ou total exige de découper le matériel radioactif, de le placer dans des conteneurs spécialement protégés et de le transporter sur un lieu de stockage définitif.

Des travaux analogues ont déjà été réalisés pour des petites installations d'essais et lors des travaux de remise en état de réacteurs : un démantèlement ne serait que l'extrapolation de ces travaux.

On notera que le démantèlement d'une centrale nucléaire, ainsi d'ailleurs que tout arrêt d'exploitation supérieur à deux ans ou toute modification importante du réacteur, doit faire l'objet de la part d'EDF d'une demande d'autorisation auprès du Ministère de l'Industrie suivant la même procédure que la demande d'autorisation de création de la centrale.

3. La recherche et le choix des sites

Pour une puissance totale à installer déterminée, le nombre de sites nécessaires dépend de la capacité de chacun d'entre eux. Corrélativement, la recherche des sites peut se fixer pour objectif de sélectionner ceux qui permettent une puissance de l'ordre de 5 millions de kW, de façon à limiter autant que faire se peut le nombre total de sites.

Il est probable que dans certains cas cette puissance de 5 millions de kW pourra être dépassée, ce qui permettra soit de réduire le nombre de sites nécessaires à une époque donnée, soit avec le même nombre de sites de satisfaire des besoins plus lointains. Il est toutefois possible que certains sites ne puissent pas être équipés d'une telle puissance.

Ces sites seront finalement sélectionnés en tenant compte de l'effet de la centrale sur l'environnement et d'un certain nombre de critères techniques.

3.1. Effets de la centrale sur son environnement

C'est donc l'un des aspects capitaux de la sélection des sites. On distinguera l'effet sur le milieu physique, l'effet sur le milieu vivant et l'effet sur le milieu socio-économique.

Effet sur le milieu physique

L'effet sur le paysage a été rapidement esquissé dans la seconde partie. Par ailleurs, les centrales comportent un certain nombre de matériels bruyants (turbines, alternateurs, transformateurs, réfrigérants atmosphériques) qui font l'objet, dans chaque cas d'études et de mesures appropriées afin que ne soient pas atteints en bordure de site des niveaux sonores gênants pour le voisinage.

On s'intéressera ici à l'effet du circuit de réfrigération sur le milieu naturel.

Il faut distinguer entre circuit ouvert et cir-

cuit fermé (fig. 6 et 7 page 19).

- en circuit ouvert, que ce soit en rivière ou sur le littoral, la centrale comportera une prise d'eau et un rejet. Ces ouvrages sont importants du fait des débits considérés qui peuvent dépasser 100 m³/seconde.

Il est donc clair qu'ils doivent être étudiés et dessinés selon les règles de l'art des ouvrages hydrauliques fluviaux ou maritimes. On veillera particulièrement à limiter les courants traversiers et les perturbations sédimentologiques en testant ces ouvrages sur modèles réduits.

Un autre aspect est l'échauffement du milieu récepteur. On confond trop souvent élévation de température au condenseur et échauffement du milieu extérieur. Ainsi un prélèvement en rivière de 100 m³/s élevé de 10 °C n'entraînera après mélange qu'un échauffement de 3 °C immédiatement en aval de la centrale si l'étiage est de 300 m³/s. Pendant la majeure partie du temps, cet échauffement sera très inférieur à 3 °C puisque le débit de la rivière dépassera le débit d'étiage.

En mer, la zone réchauffée présente une forme différente selon qu'il existe ou non des courants, notamment des courants de marée. Etant donné que l'eau réchauffée se dilue dans des masses d'eau importantes, l'échauffement permanent du milieu ne dépasse 1 °C que dans des zones limitées à quelques km², une dizaine étant un maximum rarement dépassé.

- s'il s'agit de centrales utilisant des réfrigérants atmosphériques (circuit fermé), l'impact essentiel concerne l'atmosphère et, pour une plus faible part, le milieu liquide.

Dans l'atmosphère, les réfrigérants peuvent créer des panaches. Il existe des modèles qui permettent maintenant de prédire pour chaque site l'importance des panaches selon les conditions météorologiques. Toutefois, compte tenu de la hauteur des tours de refroidissement et des progrès réalisés depuis quelques

années pour arrêter les gouttelettes d'eau entraînés dans le panache, on peut considérer que les centrales d'une puissance de l'ordre de 5 millions de kW n'auront pas d'influence sensible sur le climat et la pluviosité, pas plus qu'elles ne risquent de produire des brouillards givrants sur les routes passant près du site.

Seule l'eau pure s'évapore dans la tour ; les corps dissous dans l'eau de la rivière se concentrent donc dans le circuit fermé et tendent à se déposer dans celui-ci (entartrage).

Un circuit d'appoint et de dilution doit donc renouveler l'eau du circuit fermé, ce qui donne lieu à un rejet de quelques m³/s par tranche dont la température est élevée de 10 °C (fig. 7). On peut réduire ce rejet qui contient alors des concentrations croissantes de corps divers, mais ceci ne peut être réalisé qu'en injectant des produits destinés à éviter l'entartrage dans l'eau en circulation dans le réfrigérant et le condenseur ; ces produits se retrouvent finalement dans la rivière. Il convient alors de rechercher éventuellement un compromis entre l'importance des rejets de chaleur et l'introduction de produits.

• Il n'est pas exclu que dans l'avenir (mais ceci ne paraît pas devoir concerner les centrales de la prochaine décennie) on puisse refroidir les centrales par des réfrigérants secs sans prélèvement ni rejet d'eau dans le milieu naturel. Une telle solution contribuerait à libérer les centrales d'une forte contrainte de localisation.

Effet sur le milieu vivant

Il s'agit essentiellement de l'effet de l'élévation de température sur la faune et la flore existantes dans le milieu liquide, qu'il s'agisse de la mer ou des eaux continentales.

Ce problème important n'est pas nouveau et n'est pas propre aux centrales nucléaires.

Tous les moteurs thermiques transformant la chaleur en énergie mécanique obéissent aux principes de la thermodynamique de Carnot.

Certes, les centrales nucléaires actuelles de la filière à eau ordinaire ont un rendement un peu moins bon que les centrales au fuel puisqu'il est voisin de 30 % contre 40 % environ pour les centrales «classiques». En définitive une centrale nucléaire rejette environ moitié plus de chaleur qu'une centrale au fuel de même puissance.

En rivière, les expériences passées et en cours sur les très nombreuses centrales existantes montrent que les élévations modérées de température qui avaient été autorisées ne paraissent pas entraîner de déséquilibre grave, tant en ce qui concerne le taux d'oxygène dissous qu'en ce qui concerne la flore et la faune planctoniques. Les études piscicoles qui ont déjà permis de connaître les tolérances et les facultés d'acclimatation de nombreuses espèces montrent également que l'effet des échauffements produits par les centrales joue plus sur le déclenchement anticipé de certains phénomènes - maturité sexuelle, par exemple - que sur les phénomènes eux-mêmes.

Ces études n'ont toutefois pas permis de définir une limite supérieure valable dans tous les cas pour l'échauffement du milieu.

L'expérience acquise en mer est surtout le fait de pays étrangers comme la Grande-Bretagne, le Japon ou les Etats-Unis. Il faut noter à ce sujet que nos mers tempérées présentent une amplitude thermique annuelle de l'ordre de 10 à 12 °C. Sur quelques jours, la température du milieu marin est assez stable puisque les variations observées en Manche dépassent rarement 2 ou 3 °C. En Méditerranée, les effets conjugués du vent et de la couche de surface plus chaude peuvent amener par contre des fluctuations plus importantes.

Les connaissances actuelles sur l'effet de modifications thermiques de cet ordre mon-

trent qu'il peut concerner surtout la croissance et la reproduction. Selon les espèces cette influence est favorable ou défavorable. Aussi, pour certaines espèces, la croissance paraît favorisée par une augmentation de température à condition de ne pas dépasser un certain seuil. Les centrales thermiques en Grande-Bretagne ont permis le développement de certains mollusques.

La reproduction des espèces est soumise généralement à des exigences assez strictes ; ainsi la ponte de la sardine est favorisée par une température entre 12 et 17 °C. L'élévation de température aurait aussi pour effet d'anticiper ou de retarder légèrement les processus.

Il résulte donc de ces quelques remarques que la sélection des sites littoraux conduit à éviter les zones trop fermées et mal renouvelées ainsi que les zones de ponte de certaines espèces sensibles aux variations de température.

Un autre facteur peut enfin affecter le milieu vivant. Il s'agit des additifs chimiques tels que le chlore qui doivent être injectés dans les circuits d'eau des condenseurs pour y éviter la prolifération des organismes marins.

Cette injection, qui était en général continue dans les centrales anciennes de puissance limitée, sera faite de façon discontinue afin de diminuer au maximum les effets à l'extérieur du circuit ouvert.

Les études en cours préciseront si, pour les grandes centrales, ces rejets présentent des inconvénients et si d'autres procédés doivent être employés.

De toute façon, les circuits d'eau sont étudiés de manière à limiter la fixation des organismes marins grâce à une vitesse suffisante de l'eau et à l'absence de zones d'eau morte.

Effet sur le milieu socio-économique

La construction d'une centrale de 4 tranches de 1 million de kW dure 8 à 10 ans. Elle em-

ploie 1 000 à 2 000 personnes et représente un investissement de l'ordre de 5 milliards de francs.

L'exploitation d'une centrale peut durer quelque 30 ans. Pour une exploitation à raison de 6 600 heures par an, la valeur de l'électricité à la sortie d'une telle usine est de l'ordre de 1,4 milliard de francs par an.

Ces données d'ensemble étant rappelées, il convient d'étudier :

- les effets du chantier de construction ;
- les effets de la centrale en exploitation ;
- la centrale en tant que facteur d'aménagement du territoire.

La construction de la centrale, comme tout grand chantier, a des effets socio-économiques importants. A la main-d'œuvre de génie civil, peu qualifiée, recrutée sur place ou constituée de travailleurs immigrés, font suite les monteurs électriciens et mécaniciens qualifiés, en majorité envoyés par les sociétés titulaires des contrats.

En fait, étant donné que les tranches ne sont pas toutes engagées à la même date, les main-d'œuvre de génie civil et d'électromécanique cohabitent sur le chantier.

Ces deux catégories de main-d'œuvre ont souvent des comportements différents. Alors que les électromécaniciens viennent avec leur famille, se fixent soit en location, soit en caravane, s'intègrent à la vie locale, participent aux activités socio-économiques locales, les travailleurs immigrés viennent souvent seuls, s'installent en foyer, s'intègrent peu à la vie locale. Pendant la durée du chantier, le personnel EDF représente en moyenne une cinquantaine d'agents qui vivent avec leurs familles sur place.

Toute cette main-d'œuvre venue en majo-

rité de l'extérieur, qui perçoit des salaires souvent supérieurs à la moyenne régionale, crée un pôle d'activité plus ou moins réparti sur les communes entourant la centrale. Il peut en résulter un coup de fouet pour l'activité locale mais aussi un déséquilibre momentané dans les structures locales peu préparées à accueillir cet afflux soudain.

Une centrale constitue un équipement très spécialisé dont les éléments les plus élaborés telles que chaudières, turbines, alternateurs, transformateurs, gros matériels électromécaniques sont fabriqués dans des usines spécialisées à l'échelle nationale ; sauf cas particulier, les dépenses correspondantes ne bénéficient donc pas à l'activité régionale. Toutefois, d'autres dépenses sont effectuées localement : achats de terrain, travaux de voirie et d'infrastructure de site, construction d'ateliers, de bureaux, de logements, transports, entretien, services divers, etc. Même si elles ne constituent qu'une faible part de l'investissement de la centrale, ces dépenses sont en première approximation au moins égales aux salaires versés à la main-d'œuvre employée.

A toute cette activité s'ajoute autour du site un trafic important de matériaux et de matériel. Outre les transports classiques d'agrégats, de ciments, d'aciers, de matériel, les transports exceptionnels sont assez nombreux. Bon nombre de pièces encombrantes et lourdes nécessitent des infrastructures spéciales de manutention et de transport. C'est le cas pour les cuves et les générateurs de vapeur qui, pour une tranche PWR de 1 million de kW, pèsent environ 300 tonnes par pièce. Cela nécessite souvent la création de voies d'accès nouvelles ou le renforcement de voies existantes.

Si en cours de construction la centrale nucléaire s'apparente à tout chantier important, lorsqu'elle est en exploitation. Sa physionomie est toute différente. La centrale nucléaire en exploitation est une installation sans fumées et

sans poussières, autour de laquelle il n'y a qu'un trafic très limité. Cette installation reçoit tous les ans une centaine de tonnes d'uranium. Son produit de base, l'électricité, est évacué par ligne ; son sous-produit, le combustible irradié, est transporté vers une usine de traitement. Cette centrale en exploitation ne ressemble en rien aux industries classiques qui transforment des tonnages importants de matières premières en produits élaborés et qui produisent souvent des quantités importantes de déchets de toute nature.

La centrale est exploitée par 250 à 300 agents d'EDF. Il s'agit d'une main-d'œuvre qualifiée, formée dans d'autres centrales. Le recrutement local est en général assez faible. Ces agents, qui vivent sur place avec leur famille, constituent un apport démographique stable, en général dynamique et d'un niveau social relativement élevé.

Les conséquences de la centrale sur la démographie sont importantes. A l'apport migratoire du chantier succède un apport stable. Le rajeunissement est certain et assuré, à terme, une progression démographique stable. A Saint-Laurent-des-Eaux, la population s'est accrue entre 1962 et 1968 de 35 % environ et se stabilise maintenant alors que la population des communes voisines de la rive droite de la Loire ne s'est accrue que de 9 % pendant la même période.

Aux emplois de la centrale s'ajoutent quelques emplois induits, notamment au niveau de l'hôtellerie, des services (nettoyage, gardiennage, transports) et des travaux d'entretien courant. Les travaux de gros entretien sont en général confiés à des services spécialisés d'EDF et à des entreprises à vocation nationale.

Les ressources distribuées par la centrale sur le plan local sont loin d'être négligeables. Ce sont :

— les salaires versés aux agents et aux employés ;

- les commandes de petit entretien et de services passées aux entreprises locales ;
- les impôts versés par la centrale.

En ce qui concerne les impôts locaux, les bases d'imposition varient d'une commune à l'autre ; le montant de l'imposition dépend également de la production. A titre de « donnée repère », pour la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux, équipée de deux tranches de 0,5 million de kW, en 1973 :

- les salaires versés aux 400 agents EDF se sont élevés à environ 13 millions de francs ;
- les commandes passées aux entreprises locales se sont élevées à environ 4 millions de francs ;
- les impôts (patente et impôts fonciers) se sont élevés à 8,6 millions dont 60 % environ ont été encaissés par la commune de Saint-Laurent-des-Eaux, le reste étant encaissé par le département.

Enfin, en ce qui concerne la centrale, facteur d'aménagement du territoire, il convient de noter :

- que le chantier a des retombées importantes au niveau régional ; l'impact est d'autant plus bénéfique à l'environnement économique proche de la centrale que celui-ci possède déjà une infrastructure lui permettant de valoriser les apports de la centrale ;
- que l'électricité produite par la centrale ne constitue pas un facteur d'entraînement d'activités industrielles ; la consommation d'une industrie, même importante, n'est pas à l'échelle de la production de la centrale. La tarification de l'énergie électrique ne permet d'accorder que de minces avantages aux industriels consommant de l'énergie électrique à proximité des centres de production ;
- que les calories non utilisées par la centrale et rejetées ne sont actuellement récupé-

bles que pour des utilisations très ponctuelles et limitées : chauffage domestique ou industriel, applications agricoles, aquaculture. Jusqu'à maintenant de telles utilisations sont étudiées à l'échelle du prototype. Toutefois, les études se poursuivent pour développer l'usage de ces calories.

L'ensemble des éléments ci-dessus conduit donc à considérer la centrale comme une installation indépendante qui a ses propres critères de localisation, qui peut être à l'origine d'un développement régional sans en être toutefois le moteur essentiel. Cependant, dans certains cas, la centrale pourrait être à l'origine d'un développement régional important, par exemple lorsqu'en plus de la fourniture d'électricité elle aurait pour rôle de fournir de la vapeur ou des calories à de vastes installations urbaines, industrielles ou agricoles. Il s'agirait alors d'une centrale différente de la centrale type qu'EDF doit construire « en série » pour faire face aux besoins d'électricité.

3.2. Principaux critères techniques pour la sélection des sites

Pour choisir un site, il faut non seulement tenir compte des impacts étudiés ci-dessus mais également prendre en considération les impératifs techniques correspondants ainsi qu'un certain nombre d'autres critères.

La technologie des moyens de production et de distribution de l'énergie évoluera probablement au cours des 25 prochaines années. Toutefois, cette évolution, prévisible, ne peut être connue exactement aujourd'hui. Il est donc difficile de la prendre en compte et c'est pourquoi l'étude et le choix des sites se font à partir des caractéristiques des centrales actuelles.

Il convient donc de considérer que les sites envisageables dès maintenant, mais qui ne

seront équipés qu'à la fin du siècle, feront inévitablement l'objet d'une révision en fonction des évolutions technologiques futures. Parmi celles-ci, on peut citer la réfrigération sèche ⁽¹⁾ qui a donné lieu déjà à quelques prototypes et à des efforts de recherche et de développement importants. Pour les tranches de grande puissance envisagées actuellement les difficultés demeurent et il paraît difficile de pouvoir compter sur un avènement de cette technique avant au moins une dizaine d'années.

On constatera également qu'il n'est pas question ici des sites sur îles artificielles ou des centrales souterraines qui constitueraient des options nouvelles. Celles-ci nécessitent des études approfondies dont on ne peut encore préjuger les conclusions.

Selon les données de la technologie actuelle, on peut citer comme critères essentiels :

Les possibilités de refroidissement

C'est le critère technique de localisation des centrales le plus important :

Pour les centrales sur le littoral, l'eau doit pouvoir être prise dans des zones de profondeur suffisante pour garantir le bon fonctionnement des prises d'eau en toutes circonstances (les plus basses mers, houle).

L'eau doit pouvoir être restituée de façon telle qu'il y ait le minimum d'interférence entre prise et rejet. Les bons sites seront ceux pour lesquels un bon mélange des rejets produira les échauffements les plus faibles dans toute la zone influencée par la centrale. Ce seront donc les sites où il y a des masses d'eau importantes brassées et renouvelées par les courants de marées, les courants de dérive ou les courants de la circulation générale induite par les vents, courants qui mettent en jeu des

⁽¹⁾ Au lieu d'être partiellement évaporée, comme c'est le cas dans les réfrigérants atmosphériques humides actuels, l'eau du condenseur circule dans un circuit fermé et évacue ses calories à l'atmosphère par l'intermédiaire d'un ensemble de tubes à ailettes comparable à un radiateur de voiture.

débites très supérieurs à ceux du circuit de refroidissement.

La puissance que l'on peut installer sur chacun des sites dépend des conditions hydrologiques et écologiques locales et des contraintes d'échauffement imposées.

Pour les centrales implantées en bordure de rivières en circuit ouvert, c'est le débit d'étiage qui limite la puissance ; l'espacement entre les centrales est conditionné par la nécessité d'obtenir un refroidissement suffisant.

En circuit fermé sur les grands fleuves (Rhône, Rhin), il n'y a pas de contrainte de cet ordre. Ce sont les conditions météorologiques locales qui permettent de définir le meilleur choix du site et la puissance implantée.

Sur les rivières à étiage faible, même en circuit fermé, les contraintes de débit redeviennent déterminantes.

Les critères liés au terrain

Une centrale est un ouvrage lourd nécessitant des fondations de bonne qualité. Les ouvrages d'eau en bord de mer, par lesquels transitent des débits importants, ne peuvent être exécutés dans n'importe quel site.

Les accès, notamment pour le transport des pièces lourdes, doivent pouvoir être réalisés dans des conditions raisonnables.

La proximité du réseau d'interconnexion apportera une facilité importante de raccordement au réseau et présentera en particulier l'avantage de raccourcir les couloirs de lignes encombrantes.

Enfin, la centrale ne doit pas contredire les impératifs locaux de protection des sites et des paysages.

Les critères liés à la sûreté et à la radioprotection

L'implantation d'une centrale nucléaire prend en compte deux critères importants :

La sûreté, qui recouvre l'ensemble des dispositions techniques imposées au stade de la conception de la construction, puis de l'exploitation et finalement de l'arrêt des installations pour assurer le fonctionnement normal, prévenir les accidents et en limiter les effets.

La radioprotection, qui correspond aux dispositions prises pour protéger les travailleurs et le public contre les risques éventuels présentés par l'installation, tant pendant son fonctionnement qu'en cas d'incident.

Cela implique deux types de liaisons entre la centrale nucléaire et son voisinage :

- d'une part, l'influence de l'environnement sur la centrale : il est impératif que les risques tels que cataclysmes naturels (séismes, tornades, tempêtes, inondations, etc.), que les accidents tels que rupture de barrage, chute d'avion, incendie, explosion, agressions de l'environnement industriel, etc. ne soient pas à l'origine de situations accidentelles conduisant l'exploitant à perdre la maîtrise des éléments radioactifs confinés dans l'installation ;
- d'autre part, l'influence de la centrale sur son voisinage : les effets des rejets radioactifs de la centrale qui ont été décrits au paragraphe 3.1. dépendent des quantités et de la nature des produits émis, de la façon dont ils sont dispersés, de la répartition de population, ainsi que de la répartition des activités autour du site.

Les critères d'aménagement du territoire

Pour chaque site, la vocation du sol (vocation agricole, touristique, industrielle) ou l'absence de vocation, les orientations de l'aménagement

du territoire seront aussi des éléments de choix à considérer.

Pour le choix des sites, il convient de tenir compte des effets sur le milieu socio-économique, en fonction de la nature des activités dominantes des zones envisagées (agriculture, industrie ou tourisme) et de la situation, de l'emploi actuel et prévisible de ces zones. Il y a lieu ensuite de vérifier la conformité du projet avec la vocation du sol reconnue dans les schémas d'aménagement locaux ou régionaux.

Enfin, la sélection des sites doit tenir compte des orientations générales et des directives nationales d'aménagement du territoire.

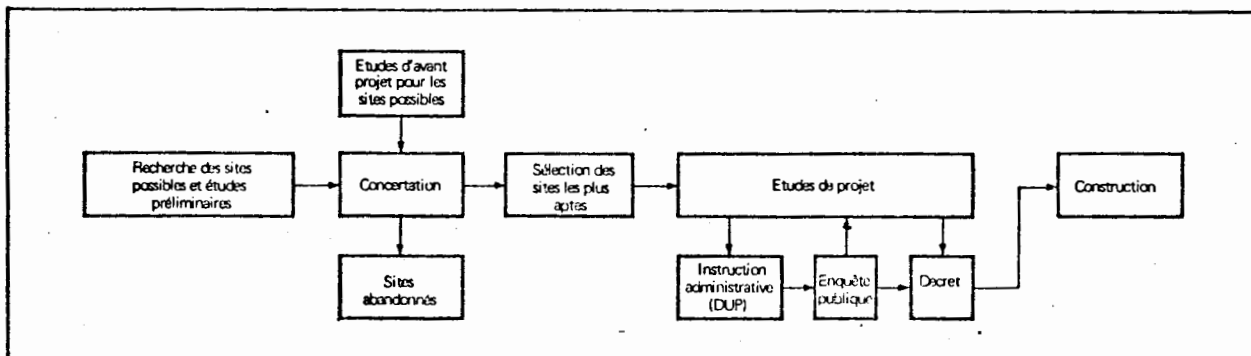
3.3. Méthodes et procédures pour la sélection et le choix des sites

Les critères de choix des sites sont, comme on vient de le voir, nombreux et parfois contradictoires, de sorte qu'il est difficile de découvrir du premier coup ceux qui présentent globalement le maximum d'avantages.

On est donc conduit à sélectionner d'abord un nombre surabondant de sites par rapport aux besoins et ne faire un choix définitif qu'après l'évaluation approfondie de la valeur de ces sites et la concertation avec les organismes concernés.

3.3.1. Schéma général des études et calendrier

Les étapes conduisant à la réalisation d'une centrale peuvent se résumer dans le schéma ci-dessous :



Au cours d'études préliminaires, des reconnaissances sommaires sur carte et sur le terrain et la consultation de documents locaux permettent à EDF de dresser un premier inventaire des sites envisageables et de prendre contact avec les administrations intéressées.

Si ces études préliminaires ne conduisent pas à une conclusion négative, des études d'avant-projet peuvent alors être engagées. Ces études ont pour but de confirmer ou d'infirmer les études préliminaires et en particulier de démontrer la faisabilité de la centrale. Elles comportent notamment :

- l'analyse des caractéristiques de site : géologie, reconnaissance du terrain, météorologie, étude des courants marins, des nappes, etc. ;
- l'étude de l'effet de la centrale sur son environnement : influence de la centrale sur la flore et la faune, réchauffement des eaux, sites et paysages, bruit, climat, etc. ;
- l'étude du plan-masse de la centrale : disposition des bâtiments, des ouvrages d'eau, des couloirs de lignes électriques ;
- une première analyse de la sûreté et de la radioprotection ;
- l'étude de l'effet économique et social du chantier et de la centrale.

Les collectivités et les responsables locaux sont tenus informés des progrès de ces études et peuvent proposer d'autres sites qui sont soumis eux aussi aux études d'avant-projet.

C'est d'après le résultat des études d'avant-projet et de la concertation que sera choisi le site pour lequel les études complètes sont exécutées en vue de la réalisation des «dossiers projet» et des dossiers nécessaires aux instructions administratives. Au vu du résultat de l'enquête publique de l'instruction de ces dossiers, le choix préliminaire du site sera confirmé ou non par les Pouvoirs Publics.

Le calendrier souhaitable pour le déroulement des études et de la concertation est le suivant :

Si N est l'année de mise en service de la première tranche compte tenu d'une durée de construction moyenne de 5 années, les étapes rappelées précédemment seraient à engager au plus tard aux années :

- N-10 pour les études préliminaires, qui durent environ 1 an
- N-9 pour les études d'avant-projet
- N-7 pour les instructions administratives
- N-5 pour le début des travaux.

Il est clair que pour les sites à mettre en service avant 1984 on ne pourra respecter ce calendrier.

3.32 Les principes adoptés par le Gouvernement.

En vue de préparer le schéma d'implantation des centrales nucléaires, le Gouvernement a adopté une orientation générale et quatre principes qui en découlent.

Orientation générale : les décisions de mise à l'enquête publique des demandes de déclaration d'utilité publique en faveur des centrales seront prises en tenant compte :

- du résultat des études d'avant-projet ;
- des orientations adoptées au niveau national concernant la localisation souhaitable, à moyen et à long terme, des centrales nucléaires ;
- de l'appréciation des régions et collectivités concernées.

Premier principe : le fait qu'une étude d'avant-projet soit lancée par EDF n'implique nullement que la décision de réserver le site, ou d'y construire une centrale, sera prise.

Deuxième principe : une information suffisante sera donnée dès que possible et complétée au fur et à mesure de l'avancement des études, dans chaque région concernée, à l'opinion et aux responsables régionaux départementaux et locaux.

Troisième principe : les sites qui seront proposés par les collectivités et les administrations régionales et départementales feront l'objet d'un examen attentif et, le cas échéant, d'études approfondies par EDF et les administrations concernées.

Quatrième principe : les orientations au niveau national concernant les localisations souhaitables, à moyen et à long terme, des centrales nucléaires résulteront d'une synthèse entre les objectifs suivants :

- satisfaction des besoins d'électricité en temps voulu et au moindre coût ;
- protection de la nature et de l'environnement ;
- respect des options d'aménagement du territoire et de développement régional ;
- respect rigoureux des impératifs de sûreté nucléaire et de santé publique.

3.33 Concertation avec les régions et collectivités concernées

Comme on l'a vu précédemment, la localisation des centrales nucléaires exige la prise en considération de critères nombreux et divers. Il semble néanmoins que l'on puisse trouver en France un nombre suffisant de sites ne heurtant a priori aucun des objectifs cités ci-dessus : rentabilité économique, protection de l'environnement, aménagement du territoire, respect des impératifs de sûreté nucléaire et de santé publique. C'est du moins ce qui ressort d'une phase de recherche et d'analyse préliminaire qui a été effectuée par l'administration avec le concours d'Electricité de France.

Uniquement sur le littoral et sur les principaux fleuves ont ainsi été recensés plus d'une trentaine de sites envisageables qui, à première vue, ne paraissent pas soulever d'objections fondamentales.

Il convient maintenant d'engager au niveau régional et local une phase d'information et de

concertation d'une part, et d'approfondissement des études d'autre part.

D'un côté, en effet, il y a lieu de recueillir l'appréciation des régions et des collectivités sur les sites déjà recensés, ainsi que les propositions de sites supplémentaires ou de sites de remplacement qui pourraient être avancées par celles-ci.

Parallèlement, des études d'avant-projet doivent être engagées sur les sites techniquement envisageables, en commençant par ceux qui paraissent les plus susceptibles d'être retenus à moyen terme. Il faudra aussi, dès qu'ils seront connus, étudier les nouveaux sites présentés à l'occasion de la concertation.

Ces études d'avant-projet apporteront les réponses aux questions que se posent les responsables régionaux et locaux sur l'insertion locale de la centrale.

Inversement, la concertation permettra de mettre en évidence le plus tôt possible :

- les obstacles importants non encore décelés ;
- les souhaits ou les contraintes portant sur l'implantation exacte de la centrale, son mode de refroidissement, la gestion du chantier, les couloirs de lignes, etc.

Choix des sites nécessaires jusqu'à l'horizon 1988

A l'issue de ces travaux, les décisions relatives aux sites nécessaires jusqu'à l'horizon 1988 pourront intervenir en fonction des éléments rassemblés par les études d'avant-projet et lors de la phase de concertation, ainsi que des études qui se seront développées au niveau national.

Conclusion

La couverture des besoins immédiats en électricité nécessite la mise en service, entre 1975 et 1980, de centrales nucléaires sur 8 sites dont les procédures de création sont engagées.

Le programme à moyen terme entre 1980 et 1988 implique l'ouverture d'une douzaine de sites nouveaux pour certains desquels les travaux devront commencer en 1976.

A la suite de la concertation avec les collectivités régionales et locales, le choix de ces sites nouveaux sera arrêté par le Gouvernement, compte tenu de la synthèse nécessaire entre les différents objectifs : rentabilité économique, protection de la santé publique et de l'environnement, aménagement du territoire, sûreté nucléaire.

A l'occasion des études et de la concertation locale relative à ce programme à moyen terme, des sites susceptibles d'être retenus ultérieurement pourront être mis en évidence. Ces sites seront dans la mesure du possible réservés dans les Schémas Directeurs d'Aménagement et d'Urbanisme concernés.

Ainsi répondra-t-on au souci d'information fréquemment manifesté tant par le public que par les organismes ayant des responsabilités politiques ou économiques. Cela permettra également de réserver les terrains sur les documents d'urbanisme, voire même, dans certains cas, de procéder à leur acquisition.

LES AVANT-PROJETS DE CENTRALES NUCLEAIRES

EN BRETAGNE

La Région Bretagne qui regroupe les départements d'Ile et Vilaine, des Côtes du Nord, du Finistère et du Morbihan a consommé 4,1 milliards de kilowattheures entre Juillet 1972 et Juillet 1973, représentant une puissance appelée maximum de 2 millions de kilowatts.

Pendant cette même période, l'ensemble des centrales en exploitation a produit 1,1 milliards de kWh environ.

La puissance installée sur l'ensemble de la région est de 400 000 kW répartie en :

- 60 000 kW de centrales thermiques classiques
- 70 000 kW à la centrale thermique nucléaire des MONTS D'ARREE
- 270 000 kW de puissance hydraulique essentiellement sur l'aménagement maromoteur de la RANCE.

A la fin du siècle, sur la base du développement régional envisagé, la puissance appelée à la pointe en Bretagne sera de l'ordre de 5 000 000 de kW. Cette puissance sera fournie presque exclusivement par des tranches nucléaires et nécessitera la construction d'au moins une grande centrale.

°
° °

Les études préliminaires ont permis de localiser en Bretagne plusieurs zones possibles d'implantation :

1.- Zone d'ERDEVEN (Morbihan)

Ce site est constitué par un ensemble dunaire recouvrant un plateau granitique, qui fait la transition entre l'arrière pays et l'océan.

Cette zone partiellement exploitée comme sablière n'est pas cultivée ni habitée. Elle est également frappée de servitudes militaires.

2.- Zone de la baie d'AUDIERNE

Cette zone est favorable compte tenu :

- de son ouverture directe sur le large avec brassage important des eaux
- de l'absence de concessions conchylicoles ou de gisements naturels proches.

Au Sud et au Nord de la baie deux possibilités ont été repérées sur les communes de TREGUENNEC, St-JEAN TROLIMON (St-VIO) et PLOGOFF.

3.- Zone de la baie de DOUARNENEZ

D'une manière générale la zone côtière entre l'extrémité Ouest (Pointe du VAN) et l'extrémité Est (Pointe de la JUMENT) de la baie semble être disponible sur une profondeur de l'ordre de un kilomètre. Les fonds à - 10 m sont très proches de la côte et les terrains (landes sur falaises) sont peu utilisés.

4.- Zone Nord-Bretagne - Baie de LANNION

Au Nord de MORLAIX, la zone de "BEG AN FRY" (commune de GUIMAEAC) semble présenter de bonnes caractéristiques compte tenu de son relatif isolement vis-à-vis des aménagements touristiques en cours entre les localités de LOCQUIREC et PLOUGASNOU.

5.- D'autres possibilités pourraient vraisemblablement être repérées et étudiées dans un cadre "d'aménagement intégré", la centrale ayant pour but de produire de l'électricité et éventuellement de participer à une opération d'aménagement régional plus vaste, avec utilisation des eaux réchauffées.

E.D.F. se propose donc de lancer des études d'avant-projet pour confirmer ces sites reconnus comme possibles au titre des études préliminaires.

Ces études se situeraient à plusieurs niveaux :

- la localisation de la centrale, en fonction de l'aménagement local et des sorties de lignes à haute tension
- les ouvrages et leur fondation, ce qui conduira à réaliser des sondages sur le terrain
- le refroidissement de la centrale : étude à mener par des spécialistes pour tenir compte des phénomènes de houle et de la courantologie.
- l'intégration au site et au milieu :

Des études architecturales rechercheront la meilleure intégration de la centrale dans son environnement, en particulier les possibilités d'aménagements à buts multiples.

Pour tous les sites, les études écologiques qui se révéleront nécessaires seront définies et établies dans le cadre du programme écologique pour les centrales nucléaires auquel participent les organismes spécialisés tels que le Centre National pour l'Exploitation des Océans et l'Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes. L'exécution de ces études pourra être confiée à des laboratoires régionaux ayant compétence dans les domaines concernés.

La concertation engagée entre les Administrations, les personnalités et les collectivités locales intéressées permettra d'examiner simultanément, outre les questions précitées, les problèmes posés par les conséquences des constructions et des exploitations futures sur l'économie locale.

°
°

Néanmoins l'examen d'autres possibilités d'implantation sera poursuivi, notamment à la suite des suggestions des collectivités locales.

--!-:-:-

SITE PROCHE D'ERDEVEN

1) SITUATION :

Département : MORBIHAN

Commune : ERDEVEN

Situation générale : Dunes de faible hauteur (10 à 15 m) entre la mer et les hameaux habités (KERHILLIO, KERGOUET, KEROURIEC)

Agglomérations voisines :

ERDEVEN	(1900 h)	: 3 km au Nord-Est
ETEL	(3400 h)	: 4 km au Nord
PLOUHARNEL	(1500 h)	: 6 km au Sud-Est
CARNAC	(3700 h)	: 10 km au Sud-Est
AURAY	(8600 h)	: 15 km au Nord-Est Est
VANNES	(41000 h)	: 30 km à l'Est
LORIENT	(100000 h)	: 20 km au Nord-Ouest

Surface disponible : supérieure à 200 hectares.

2) ACCES :

Route : par la Nationale 781 avec raccordement au site sur 3 ou 4 km

Fer : voie ferrée à 5 km

Voie d'eau : un accès par le port de LORIENT distant de 20 km du site est possible pour le transport des pièces lourdes et encombrantes.

3) TERRAINS ET TERRASSEMENTS :

Etat actuel : Terrains peu accidentés faisant partie d'une zone de sables dunaires. Au Nord Ouest du site, on note une importante sablière en exploitation. Zone de servitudes militaires.

Fondation : Malgré l'incertitude concernant l'importance des couches de couverture ce site apparaît comme devant présenter à une profondeur relativement faible un substratum rocheux apte à recevoir des charges lourdes (gneiss à mica noir ou granit).

Une importante avancée rocheuse largement découverte à marée basse caractérise le site.

.../...

Les fonds à -10 m sont à 1 km environ du rivage.

Terrassements : Une plateforme sera aménagée au-dessus du niveau des plus hautes eaux. Possibilité de remblai sur l'avancée rocheuse en mer.

4) SEISMES :

Intensité maximale probable : degré 7 de l'échelle internationale.

5) EQUIPEMENT DU SITE :

- Capacité du site à déterminer en fonction de la courantologie locale.

A priori, un équipement à 4 tranches paraît possible. Extension à 6 ou 8 tranches envisageable.

6) REFROIDISSEMENT - OUVRAGES D'EAU :

- En circuit ouvert sur la mer

La relative proximité des fonds marins et leur nature rocheuse permettent, sous réserve de confirmation par les études d'avant-projet, d'envisager des prises d'eau par galeries sous-marines. Ouvrages de rejet à définir compte tenu des configurations locales.

7) EVACUATION DE L'ENERGIE :

Evacuation, en antenne, par un couloir de 250 m de large environ (pour 4 tranches) en direction du Nord-Est sur un poste futur dont l'implantation est à rechercher dans une zone au Nord de LORIENT.

Ce tracé tient compte de l'existence des zones protégées de CARNAC au titre des Monuments Historiques

8) INTERET DE L'EMPLACEMENT :

- Très grande superficie de terrain disponible, inhabitée, inculte et peu développée sur le plan touristique
- Bonne géologie de la fondation
- Possibilité de dispersion de la tache chaude a priori favorable (à vérifier)
- Bonne situation par rapport à la Bretagne et au pôle de développement que constitue l'estuaire de la Loire.

Il est à noter que ces terrains sont frappés de servitudes militaires (Polygone de GAVRES).

--:--:--:--:--:--

SITE DE LA ZONE DE BEG-AN-FRY

1) SITUATION

Département : Finistère

Commune : GUIMAEC

Situation générale : Site de falaise haute (+ 80 m) dans une crique peu accessible, landes et terres cultivées (cultures maraichères et élevage)

Agglomérations voisines :

GUIMAEC	(1000 h)	:	3 km au Sud
LOCQUIREC	(1100 h)	:	4 km à l'Ouest
PLOUGASNOU	(3400 h)	:	6 km à l'Ouest
LANMEUR	(1800 h)	:	6 km au Sud
PLESTIN-les-GREVES	(2900 h)	:	7 km au Sud-Est Est
LANNION	(6700 h)	:	18 km au Nord-Est Est
MORLAIX	(18200 h)	:	15 km au Sud-Ouest

Surface disponible : de l'ordre de 200 hectares.

2) ACCES

Route : Par la Nationale 786 et diverses routes communales en bon état, mais dont les caractéristiques seraient à revoir sur une dizaine de kilomètres environ.

Voie d'eau : Il n'existe pas à proximité de port permettant l'acheminement des pièces lourdes et encombrantes.

3) TERRAINS ET TERRASSEMENTS

Etat actuel : Habitation sur le plateau à la limite du site -la crique peu accessible est utilisée par quelques campeurs et plaisanciers (petite plage de PRAJOU)

Fondation : Site en falaise granitique. Le bord de mer est constitué par une plage de galets roulés et de sable.

Les fonds à -10 m sont à moins de 1 km du rivage. Possibilité de constituer une plateforme en remblai.

.../...

SITES DE LA BAIE D'AUDIERNE

1) SITUATION :

Deux emplacements peuvent être envisagés :

- zone de PLOGOFF sur la commune de PLOGOFF
- zone de St-VIO sur les communes de TREGUENEC et St-JEAN TROLIMON.

Ces deux emplacements sont situés au Nord et au Sud de la Baie d'AUDIERNE dans le Département du Finistère.

Les terrains disponibles à PLOGOFF sont constitués par une falaise haute (50 - 70 m) recouverte de landes. Le rivage est très battu par la mer (à 5 km de la pointe du RAZ).

Les terrains disponibles à St-VIO sont constitués par des dunes de quelques mètres de hauteur, sans végétation. Le rivage est constitué par une plage très peu fréquentée.

Les principales agglomérations voisines sont les suivantes :

AUDIERNE	(4100 h)	: 10 km à l'Est de PLOGOFF 30 km au Nord-Est de St-VIO
QUIMPER	(58000 h)	: 40 km à l'Est de PLOGOFF 20 km au Nord-Est de St-Vio
PONT L'ABBE	(7600 h)	: 40 km au Sud-Est de PLOGOFF 10 km à l'Est de St-VIO
PENMARCH	(7300 h)	: 35 km au Sud-Est de PLOGOFF 5 km au Sud de St-VIO
PLONEOUR-LANVERN	(4100 h)	: 35 km au Sud-Est Est de PLOGOFF 7 km au Nord-Est de St-VIO

Superficies disponibles : de l'ordre de 150 hectares pour PLOGOFF et de 200 hectares pour St-VIO.

2) ACCES :

Route : par la départementale 784 pour PLOGOFF
par la départementale 156 pour St-VIO

.../...

Le raccordement des sites nécessite l'aménagement de voies nouvelles et le renforcement de voies existantes.

Fer : Le raccordement ferroviaires de PLOGOFF n'est pas envisageable, la voie de chemin de fer la plus proche étant à 40 km.

Le raccordement de St-VIO représenterait une distance de 10 km environ.

Voie d'eau : Pour les deux sites, on devra étudier les possibilités d'aménagement des ports les plus proches en vue de l'acheminement des pièces lourdes et encombrantes.

3) TERRAINS ET TERRASSEMENTS :

Etat actuel : La zone de PLOGOFF est en nature de lande et ne comporte qu'une maison isolée en bordure de site.

Celle de St-VIO est une zone sableuse et inculte ne comportant que peu de constructions à 1 km du rivage, en limite de site. Une carrière de sable est en exploitation dans la partie Sud du site.

Fondation : PLOGOFF est un site en falaise à caractère granitique.

Les fonds à -10 m sont très proches du rivage (de l'ordre de 500 m).

St-VIO est un site en plage limitée côté terre par un cordon de gros galets roulés.

Les fonds à -10 m sont à 1000 m environ du rivage.

Des sondages seront à exécuter pour reconnaître la qualité et la position du substratum rocheux.

Terrassement : Un gros volume de déroctage est à prévoir sur le site de PLOGOFF pour l'exécution de la plateforme et des accès. La centrale pourra être totalement dissimulée des vues venant du plateau et de la pointe du RAZ.

4) SEISMES :

Intensité maximale probable :

PLOGOFF : degré 6 de l'échelle internationale

St-VIO : degré 7 " " "

5) EQUIPEMENT DES SITES :

Un seul de ces sites sera retenu. Sa capacité sera déterminée en fonction de la courantologie locale.

.../...

Pour PLOGOFF, un équipement à 4 tranches peut être envisagé. Un équipement comportant deux, voire quatre tranches supplémentaires est à étudier compte tenu du volume de déroctage supplémentaire à envisager et de la relative exigüité du site.

Pour St-VIO, un équipement à 4 tranches peut être envisagé sans difficultés. Extension possible à 6 ou 8 tranches dans la mesure où la capacité de refroidissement du site le permettra.

6) REFROIDISSEMENT - OUVRAGES D'EAU :

- En circuit ouvert sur la mer

Pour PLOGOFF, la proximité des fonds marins et leur nature rocheuse devraient permettre, sous réserve de confirmation par les études d'avant-projet, d'envisager des ouvrages de prise par des galeries sous-marines et des ouvrages de rejet sur le littoral (type PALUEL)

Pour St-VIO, il faut attendre les résultats des études d'avant-projet pour définir les ouvrages d'eau. Une solution prise et amenée d'eau par conduites ensouillées pourrait être envisagée.

7) EVACUATION DE L'ENERGIE :

Evacuation, en antenne, sur un poste à construire par un couloir de lignes de 250 m de large environ (dans l'hypothèse de 4 tranches). Le raccordement au réseau d'interconnexion nécessitera une liaison de grande longueur à étudier.

8) INTERET DES EMBLEMES :

- Ouverture directe sur le large avec possibilités de dispersion rapide de la tache chaude
- Pas ou peu de constructions sur les sites essentiellement constitués de terrains incultes
- Absence de concessions conchyliques ou de gisements naturels proches.