

L'énergie nucléaire pacifique

AGE D'OR OU IMPASSE BIOLOGIQUE ?

par Philippe LEBRETON *

I. L'ENERGIE NUCLEAIRE

Ces lignes ne constituent pas une mise au point détaillée sur l'atome ; il importe néanmoins de disposer d'un minimum de données techniques, afin de « démystifier » une situation sur laquelle chacun de nous a le droit, pour ne pas dire le devoir, d'être *informé*.

1. LA RADIOACTIVITÉ

Quelques rappels :

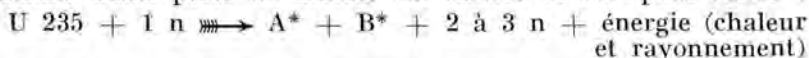
- un atome *radioactif* se désintègre spontanément en émettant des particules : α (noyaux d'Hélium), β (électrons) ou γ (photons pénétrants) ;
- la radioactivité d'un échantillon décroît avec le temps ; cette décroissance est marquée par la notion de *période*, laps de temps (constant) pendant lequel se désintègre la moitié des atomes initialement présents. La radioactivité ne s'annule donc jamais mais se contente de tendre asymptotiquement vers zéro ;
- l'intensité de la radioactivité se mesure en *Curies* (Ci), unité correspondant à l'activité d'un gramme de Radium. Les activités manipulées dans les laboratoires sont de l'ordre de quelques microCi (millionième), alors que celles produites par une explosion ou une centrale nucléaire sont de l'ordre du MégaCi (million) ;
- les particules émises sont d'autant mieux absorbées par un matériau que celui-ci est épais ou (et) dense ; cette absorption est caractérisée par la notion d'*épaisseur-moitié* : 20 cm de béton, soit 3,3 épaisseurs-moitiés, laissent encore passer 10 % du rayonnement γ du Cobalt 60 ;
- des unités ont été définies pour chiffrer l'effet des rayonnements. Le *Roentgen* s'applique surtout aux rayons X (intermédiaires entre photons lumineux et rayons γ) ; le REM (Roentgen Equivalent Mammal) est de meilleure valeur biologique. Plutôt que de définir théoriquement ces unités, mieux vaut en donner des ordres de grandeur pratiques : la dose annuellement délivrée par l'environnement naturel est de 0,15 REM, celle résultant d'une radioscopie voisine de 2 REM ; la dose mortelle pour l'homme est de l'ordre de 600 REM.

* Professeur de Biologie à l'Université de Lyon ; Ingénieur ; Diplômé du S.U.R.E. de Saclay.

2. LA FISSION NUCLÉAIRE

La radioactivité *naturelle* a été découverte à la fin du XIX^e siècle, avec l'Uranium et le Radium, illustrés par les noms de BECQUEREL et des CURIE ; à la même époque, ROENTGEN découvre les rayons X, produits par freinage d'électrons. Un demi-siècle plus tard, bombardant divers atomes stables à l'aide de particules, des physiciens allaient provoquer la radioactivité *artificielle*, formation de substances radioactives inconnues dans la nature. En 1939, plusieurs auteurs montrèrent que sous l'action de neutrons (particule de masse unité, dépourvue de charge électrique), l'atome d'Uranium 235 subissait une cassure, avec production de nombreuses espèces radioactives nouvelles.

Cette réaction de *fission* produit plus de neutrons qu'elle n'en consomme ; il est donc possible de l'auto-entretenir, d'où la notion de *réaction en chaîne* ; une grande quantité d'énergie (résultant d'une perte de masse) est libérée et l'on peut écrire :



A* et B* désignent ici conventionnellement le mélange des nombreux radioéléments produits, deux zones de masse se trouvant « privilégiées » avec, notamment, le Strontium 90 et le Césium 137.

Brutalement produite, cette réaction de fission conduit à la Bombe A, comme celle utilisée en 1945 par les U.S.A. à Hiroshima. Encore faut-il pour arriver à ce résultat disposer d'une quantité suffisante d'Uranium 235 pur ; or celui-ci n'existe qu'au taux de 7 pour mille dans l'Uranium naturel, constitué pour l'essentiel d'Uranium 238, non « fissile ». D'où les nécessaires et coûteux procédés de *séparation isotopique*, tels ceux utilisés en France à Pierrelatte. De plus, de trop petites quantités d'Uranium ne déclenchent pas la fission, les neutrons produits s'échappant en trop grand nombre de la masse présente ; c'est la notion de *masse critique*, voisine de 8 kg pour l'U 235 pur.

« Contrôlée », c'est-à-dire ralentie, la même réaction peut permettre le fonctionnement des « piles » ou « réacteurs » nucléaires et de leur version de puissance, les centrales. Point n'est besoin de disposer ici d'Uranium 235 pur, l'Uranium pouvant être employé sous sa dilution naturelle, avec une masse critique atteignant alors plusieurs dizaines de tonnes.

Citons aussi, car elle est à l'origine d'autres techniques militaires ou énergétiques, la possibilité d'utiliser la propriété de fission du Plutonium 239, radioélément artificiel produit par addition d'un neutron (rapide) sur l'isotope « inutile » 238 de l'Uranium (1). C'est le procédé utilisé pour la bombe de Nagasaki et dans les piles « couveuses » ou surgénérateurs (voir ci-dessous).

Nous ne parlerons pas ici de l'énergie H, produite par la réaction de *fusion* (avec défaut de masse) d'éléments légers comme le Deutérium et le Tritium (Hydrogènes 2 et 3), son utilisation énergétique non-guerrière relevant encore pour l'instant de la technofiction.

(1) Il est en effet bien plus facile de séparer deux espèces *chimiquement* distinctes, que de trier *physiquement* (spectrographie de masse, diffusion gazeuse, ultracentrifugation d'hexafluorure d'uranium) des isotopes d'une même espèce.

II. LES REACTEURS NUCLEAIRES

1. PRINCIPE

Deux considérations majeures entrent en ligne de compte pour passer de la théorie à la pratique, c'est-à-dire au réacteur nucléaire : donner aux neutrons produits la vitesse optimale permettant leur capture par l'U 235 ⁽¹⁾ ; contrôler le taux de divergence de la réaction, c'est-à-dire le rapport entre neutrons produits et consommés.

Le premier but est atteint par la juxtaposition à la matière fissile de substances « modératrices » comme le graphite (piles françaises et britanniques), l'eau lourde (cf. la « bataille de l'eau lourde », mais aussi le réacteur breton semi-expérimental des Monts d'Arrée) ou même l'eau ordinaire (filière américaine).

Le second but est obtenu en interposant par exemple entre les barreaux d'Uranium des substances avides de neutrons, comme le Bore ou le Cadmium qui, détournant à leur profit la production neutronique, freinent et « modulent » par le fait la réaction en chaîne.

Enfin, surtout dans le cas des réacteurs de puissance, convient-il d'évacuer l'importante quantité de chaleur ⁽²⁾ en laquelle se résoud finalement l'énergie produite puis, par le jeu banal de turbines et d'alternateurs, de transformer une partie de cette énergie thermique en énergie électrique.

L'ensemble du réacteur proprement dit est enfermé dans un caisson métallique ou (et) bétonné, assurant à la fois la solidité mécanique et l'étanchéité à l'égard des substances et des radiations. Un circuit d'eau externe assure enfin l'évacuation des calories non transformées en travail.

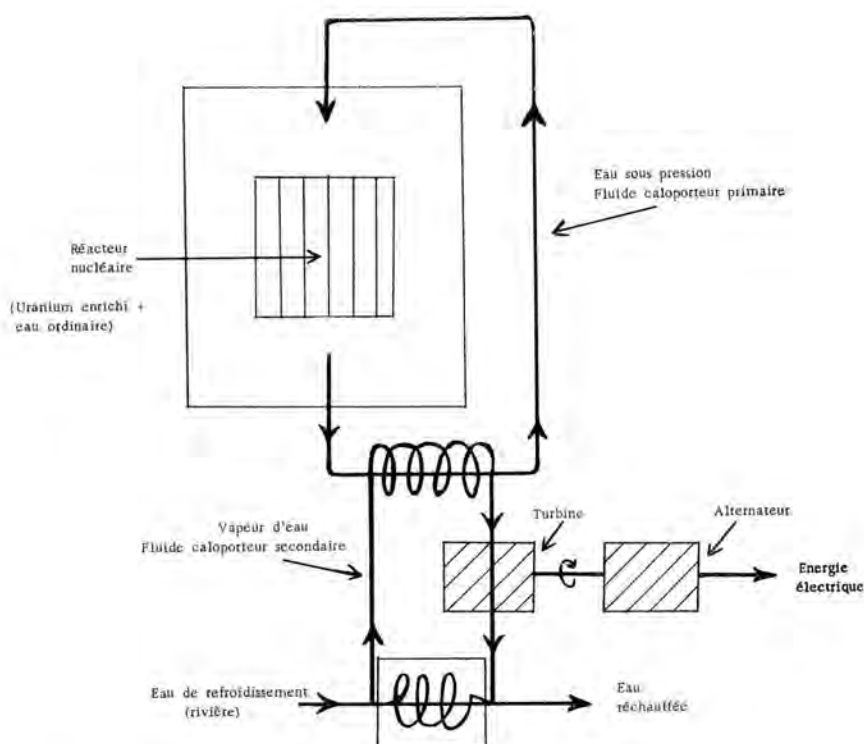
2. RÉALISATIONS

Trailons essentiellement du contexte français où peuvent être distinguées deux époques, 1969 marquant un tournant avec l'adoption des « filières » américaines. Hors les réacteurs militaires, ou de recherche (C.E.A.), la quasi totalité de la puissance installée ou prévue ressortit au monopole étatique de l'E.D.F. : 7 centrales (Chinon, Saint-Laurent-des-Eaux, Bugey I) appartiennent à la filière française Uranium naturel/graphite/gaz carbonique, ce dernier choisi comme fluide caloporteur primaire. L'ensemble de la puissance installée est de l'ordre de 2 500 MWé (MWé = millions de watts électriques).

Cette « filière du pauvre », car seule accessible aux pays ne disposant pas d'Uranium enrichi, est aussi, paradoxalement, une « filière de riche », car le rendement économique n'en est pas très élevé. C'est pourquoi la France se tourne actuellement vers les techniques américaines utilisant l'Uranium enrichi (quelques

(1) Problème évidemment différent lorsqu'est recherchée la synthèse du Plutonium 239, comme dans les réacteurs militaires de Marcoule ou dans certains réacteurs E.D.F.

(2) La fission d'un gramme d'Uranium naturel produit l'équivalent de chaleur dégagée par la combustion de 2,5 à 3 tonnes de charbon, soit 25 à 30 000 KWh thermiques (soit environ 8 000 KWh électriques).



«Schéma de principe d'un réacteur du type Uranium enrichi-Eau sous pression (P.W.R.).

% seulement, loin des taux guerriers, supérieurs à 90 %) comme combustible, l'eau ordinaire servant à la fois de modérateur et de caloporteur. Deux versions existent, dites P.W.R. (Pressurised Water Reactor ; licence Westinghouse, en France Schneider) et B.W.R. (Boiling Water Reactor ; licence General Electric, en France C.G.E.) ; dans la première (voir schéma), l'eau chauffée est mise sous pression dans une boucle étanche et ce n'est que par échange thermique avec une seconde boucle qu'est produite la vapeur d'eau alimentant la turbine. Dans un réacteur B.W.R. par contre, c'est directement l'eau baignant le réacteur qui est vaporisée dans la turbine. Toute la politique française à court et moyen terme est basée sur ce programme, comme dans la plaine du Rhin (Fessenheim) ou pour les tranches II à V de Bugey (voir photographie).

Tous ces réacteurs laissent pour compte l'isotope 238 de l'Uranium naturel et n'utilisent donc que moins du centième de celui-ci ; or aussi curieux que cela puisse paraître, les ressources en Uranium naturel ne sont pas aussi abondantes et accessibles qu'il a été longtemps dit et, au rythme actuel, ne permettront pas d'atteindre les années 85-90. Aussi les techniciens placent-ils actuellement leurs espoirs dans l'utilisation du Plutonium 239, « sous-produit » valorisant l'Uranium 238, abondant mais en soi inutile. Un tel réacteur, dit surgénérateur, devrait produire plus

de matière fissile qu'il n'en consomme, permettant de « nourrir » ensuite d'autres réacteurs. Après le réacteur expérimental Rapsodie (10 MW) à Cadarache, la France vient de lancer le réacteur Phénix (250 MW) à Marcoule et projette la construction de Super-Phénix (1 200 MW) à Creys-Pusignieu (Ain), sur fonds franco-italo-allemand.

La technologie de tels réacteurs est très particulière : le combustible est très enrichi et la charge du réacteur atteint plusieurs fois la masse critique ; les neutrons ne sont pas ralentis et le fluide de refroidissement est le Sodium fondu (RAPSIDIE, comme RAPIDES et SODIUM), d'où d'importants problèmes technologiques. Les deux premiers réacteurs expérimentaux, américain (réacteur Enrico Fermi) et russe, ont subi de graves déboires et les recherches sont actuellement en veilleuse aux U.S.A.

III. LE RISQUE NUCLEAIRE

Le danger d'une guerre nucléaire, ou même celui que représente la poursuite des essais aériens (Chine communiste et France), est suffisamment évident pour qu'il soit inutile d'insister, même en France (?).

Posons la question du risque résultant de l'utilisation généralisée de l'énergie nucléaire pacifique, les prévisions étant de plusieurs centaines de réacteurs en Europe de l'Ouest dans une demi-génération humaine. Au-delà des risques accidentels, qui frappent sans doute plus l'imagination mais masquent les vrais problèmes, recherchons les risques chroniques, notamment au plan biologique.

1. RISQUES ACCIDENTELS

Ils sont relativement rares ; en particulier les réacteurs de première et deuxième génération (uranium naturel et graphite ; uranium faiblement enrichi et eau) ne peuvent pratiquement pas présenter l'aspect « Bombe » auquel songe généralement le public. Divers dispositifs de contrôle permettent en effet de suivre le taux de divergence (mesure de température et du flux de neutrons) et de le gouverner par l'interposition de substances absorbantes de neutrons, dont la chute est automatique en cas de panne (électrique par exemple) généralisée.

Cependant l'explosion d'un réacteur pourrait être *mécanique*, sous l'influence d'une surpression, mais non nucléaire à proprement parler ; sans aller jusque là, l'emballement d'un réacteur est chose moins exceptionnelle, comme à Windscale (Grande-Bretagne, 1957 ; le nuage radioactif parvint jusqu'au Danemark et la consommation de lait fut interdite pendant plusieurs jours dans un rayon de plusieurs dizaines de km autour de la centrale, en raison de l'émission d'Iode 131) ou à Saint-Laurent-des-Eaux (France, 1967 ; 60 kg d'Uranium fondirent en raison d'une fausse manœuvre, à la suite d'une visite publique de la centrale).

S'il ne semble pas que la probabilité d'accident grave pouvant frapper un réacteur « classique » conduit par un personnel éprouvé soit de nature à inquiéter outre mesure, on ne saurait minimiser d'autres aspects dont l'importance ne fera désormais

que croître : risques de sabotage, piraterie ou chantage ; risques de divergence dans les surgénérateurs employant de fortes quantités de *matière fissile pure*, dans des conditions technologiques de plus en plus complexes et « pointues ». S'il est vrai que la technique peut aujourd'hui tout « résoudre », comme dans la conquête de l'espace, les accidents du Skylab ou du Tupolev ne prouvent-ils pas que les plus grandes précautions sont un jour prises en défaut par ce que l'on nomme alors le « hasard » ou la « fatalité », mais qui n'est en fait que l'expression statistique d'un risque minime mais jamais nul.

2. RISQUES CHRONIQUES

a) *La pollution thermique.* — L'eau de refroidissement a pour fonction de condenser la vapeur d'eau en sortie de turbine, constituant ainsi la « source froide » du système thermodynamique fonctionnant en cycle de Carnot. Un réacteur nucléaire n'a là rien de mystérieux, mais n'est qu'une simple « machine à vapeur » ; son *rendement* (taux de transformation de l'énergie thermique « dévaluée » en énergie « noble », mécanique puis électrique) est égal, sur le papier, à : $r = 1 - T_1/T_2$, T_1 et T_2 étant les températures absolues (°K) des deux sources.

En pratique, le rendement des centrales nucléaires, où le fluide caloporteur ne peut être porté à température aussi élevée que dans les centrales thermiques « conventionnelles » (brûleurs à fuel, par ex.), est de l'ordre de 25 à 30 % selon les filières, contre 35 à 45 % pour les autres centrales. Le problème est non seulement économique (prix comparés de l'Uranium et du fuel ; compétitivité du KW nucléaire), mais surtout écologique : si une centrale nucléaire ne transforme que le quart de sa chaleur en travail, les 3/4 restants sont rejetés dans l'environnement ; à puissance électrique égale, une centrale nucléaire rejette environ le double de calories de sa concurrente traditionnelle.

Tout cela permet de comprendre pourquoi la production d'électricité nucléaire pose des problèmes d'approvisionnement en eau de réfrigération ; l'impasse est déjà pratiquement atteinte sur les cours d'eau de France et déjà l'horizon 80 se profile sur les côtes, atlantiques (Manche, Gironde) ou méditerranéennes (Languedoc). Sur le cours de la Basse-Loire, les tours de réfrigération (qui déplacent le problème de l'eau à l'air et au climat local) se heurtant à l'esthétique et au tourisme, une véritable mise en esclavage de tout le fleuve et de ses affluents est prévue jusqu'à des centaines de km en amont (Naussac, Villers...), afin de donner au fleuve un débit quasi constant d'un bout à l'autre de l'année. Tout écologiste saisira à quel point le « rythme saisonnier » du fleuve ainsi perturbé peut se répercuter sur ses hôtes animaux et végétaux, et dénoncera la part d'ignorance ou de cynisme que cache le mot « d'amélioration » des cours d'eau employé par E.D.F. Celle-ci se garde d'ailleurs bien d'avouer aux élus et populations locales la raison de tels barrages, mais les revêt du manteau enchanteur du tourisme nautique ou de l'irrigation agricole ; elle omet en outre d'inclure le coût réel, direct ou indirect, de tels ouvrages dans son évaluation du prix du KWh nucléaire et dans l'appréciation de sa compétitivité.

En quoi parler de pollution thermique ? L'élévation de température (1 à 10°C) d'une rivière n'est pas en soi destructrice de

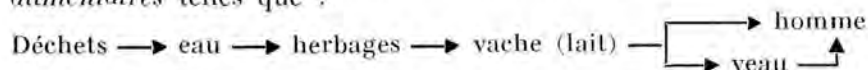
toute vie et accélère même certains processus biologiques ; mais il en résulte un déplacement de l'optimum des espèces en place, soumises alors aux concurrences biologiques. Illustrons cet aspect un peu théorique d'un exemple très concret : l'échauffement d'une rivière peut avoir pour conséquence la disparition des poissons nobles (Salmonidés) au profit des « blancs » et assimilés, de moindre valeur sportive, culinaire et commerciale. De plus, la teneur en oxygène de l'eau diminuant lorsqu'on augmente la température, les capacités d'auto-épuration des rivières se voient affectées ; la pollution thermique renforce ainsi l'effet nocif déjà croissant des pollutions organiques liées aux activités humaines.

b) *L'irradiation externe.* — Une centrale d'un millier de MWé produit une quantité de déchets radioactifs équivalent à des centaines de tonnes de Radium ou de bombes de type Hiroshima. Néanmoins, les rayonnements émis dans le réacteur sont absorbés pour leur quasi-totalité par les parois de celui-ci, de sorte que le séjour, même prolongé, à sa proximité, ne délivre, en fonctionnement *normal*, qu'une dose annuelle de radiations de quelques milliRem. Ce chiffre est à comparer à la dose de l'environnement naturel (rayons cosmiques, roches radioactives et même l'isotope 40 de notre Potassium tissulaire et sanguin) et à la norme légale publique, du même ordre de grandeur, soit 170 mRem/an ; les doses professionnelles sont plus élevées, le personnel travaillant sous contrôle cumulatif permanent.

Cet effet local des centrales nucléaires peut donc être considéré comme faible, ne serait-ce que par rapport aux doses délivrées par d'autres aspects de la vie quotidienne ; E.D.F. ne se prive d'ailleurs pas de ramener tout le problème du risque nucléaire à cette facette (relativement) rassurante, feignant d'ignorer les autres aspects de la question.

c) *L'irradiation interne.* — Il s'agit d'un risque commun aux explosions (retombées) et aux centrales (déchets) nucléaires ; il provient de l'effet des rayonnements à l'intérieur de notre corps, par le jeu des radioéléments ayant pu contaminer notre air, notre boisson ou notre nourriture.

— *Contamination écologique* : dans le cas de l'énergie nucléaire guerrière, le problème a été posé par les séquelles des expériences aériennes américaines et russes conduites jusqu'en 1962. Les deux principaux contaminants sont le Strontium 90 (aux propriétés biochimiques très proches de celles du Calcium, constituant de nos os) et le Césium 137 (voisin du Potassium, constituant de nos tissus). Avec ces deux substances, l'Écologie fit une entrée en force dans le domaine nucléaire, rappelant que les êtres vivants (dont l'Homme...) sont interreliés par des *chaînes alimentaires* telles que :



Aux Etats-Unis, une campagne fut lancée par des écologistes qui, analysant les dents de lait de 200 000 enfants, purent démontrer la réalité de ces chaînes écologiques et prouver que les prévisions optimistes de l'Atomic Energy Commission étaient entachées d'un coefficient d'erreur voisin de 7.

Dans la mesure où, d'une étape à l'autre des chaînes alimentaires, le rendement de conversion de l'énergie biologique n'est

pas égal à l'unité, mais atteint en gros la valeur 10 %, il est évident qu'un poids donné de nourriture ne peut donner naissance qu'à un poids de matière vivante égal au dixième de sa propre valeur. Le poison présent, dans la mesure où il est fixé par l'organisme assimilateur, se trouve donc concentré d'un facteur 10 à chaque nouvelle étape. On comprend que l'homme, fréquent consommateur terminal de bien des chaînes alimentaires complexes, puisse se trouver contaminé à des taux pouvant atteindre 1 000 ou 100 000 fois celui de son milieu ambiant. Les exemples sont maintenant courants, hélas ! de cet effet de « focalisation » qui n'est d'ailleurs pas propre (si l'on ose écrire...) à la pollution radioactive ; cet « effet-boomerang », qui ramène ainsi à l'Homme ce que sa main insouciance avait rejeté dans le milieu, concerne aussi d'autres substances, comme le D.D.T. dans les fromages ou le Mercure dans les moules.

Dans le cas du Strontium 90, les os de perches et de rats musqués d'un lac canadien contaminé par une usine nucléaire, renfermaient 3 000 à 3 500 fois plus de radioactivité que l'eau ambiante ; en 1965, suite aux essais russes ayant contaminé lichens puis rennes, les lapons suédois contenaient 50 fois plus de Césium 137 que les habitants de Stockholm, ce radioélément délivrant à lui seul la moitié de la dose-limite admise par l'Agence Internationale pour la Protection contre les Radiations (O.N.U.).

Les fuites de radioéléments résultant du fonctionnement normal des centrales nucléaires diffèrent selon les filières. Pour les réacteurs graphite/gaz carbonique (qui fonctionnent sous 40 kg de pression et laissent échapper chaque jour des millions de litres de gaz), la pollution concerne presque uniquement l'air, chargé de produits de fission (Krypton 85, Xénon 133, Iode 131) ou d'activation (Argon 41) ; les données diffusées par l'E.D.F. ou le C.E.A. permettent d'évaluer à 30 000 Ci/an le dégagement d'une centrale de 1 000 MWé. Ces faits reconnus n'empêchent pas le Professeur NÉEL, Prix Nobel de Physique, d'écrire (dans une brochure E.D.F. il est vrai) que « les centrales nucléaires... polluent beaucoup moins l'atmosphère, car elles n'émettent aucun gaz ».

Pour les réacteurs de la filière américaine bientôt opérationnelle en France, aux produits gazeux de fission vient s'ajouter le Tritium (Hydrogène 3, période 12 ans) ; les chiffres officiels divulgués aux États-Unis pour des centrales de quelques centaines de MW vont de quelques centaines à près d'un million de Ci par an et par centrale. Ici s'ajoutent aussi quelques dizaines ou centaines de Ci/an de déchets hydrosolubles, provenant de l'activation de l'enveloppe métallique du réacteur. La quantité de Tritium pouvant résulter du fonctionnement des réacteurs à eau devrait atteindre (10 millions de Ci) en 1980 le « bruit de fond » du rayonnement cosmique et, en l'an 2000 (moins d'une génération), rejoindre l'activité émise par les 20 ans d'expériences nucléaires aériennes des U.S.A. et de l'U.R.S.S.

Mais ces fuites sur le site des centrales sont relativement peu de chose face à celles se produisant dans les usines de traitement des combustibles irradiés, après les quelques dizaines de mois de fonctionnement normal d'un chargement de barreaux. Même après décroissance des éléments de courte période après arrêt de la pile, les déchets contenus dans les barreaux usés représentent une fantastique radioactivité, égale à celle d'une

explosion nucléaire de forte puissance ; ainsi, 2 mois après l'arrêt du réacteur, un seul barreau (des centaines par réacteur...) délivre en une heure, à un mètre de distance, une dose (mortelle) de 700 Rems.

Ces barreaux sont transportés, par rail ou route (avec secret en cas d'accident), vers les 2 usines européennes de traitement : La Hague, C.E.A. (Cotentin) et Mol, EURATOM (Belgique). Dans des usines automatisées, en raison du danger, l'Uranium 238 et les produits de fission sont chimiquement dissous et l'un des principaux corps recherchés est le Plutonium 239, notamment pour ses applications militaires. Il n'y a donc pas de vraie frontière entre atome pacifique et atome guerrier, fait inquiétant face aux prévisions de développement des centrales dans les diverses nations du monde. De plus, chacun d'entre nous, en acquittant sa facture E.D.F., a contribué à son insu à nourrir ainsi en partie la force de frappe française.

Dans les déchets se trouvent Strontium 90 et Césium 137, en faible proportion rejetés dans les eaux usées, mais aussi les gaz non dégagés au moment de la fission ; leur rejet à La Hague représente des centaines de milliers de Ci par chargement traité. Après séparation des diverses substances, dont seule une très faible fraction est utilisable pour la recherche, l'industrie ou la médecine, se pose le problème du stockage, véritable dilemme technologique : ou bien les produits, radioactifs pour des millénaires, sont stockés sous forme diluée réclamant de vastes surfaces ou volumes à jamais condamnés ; ou bien on les concentre pour mieux les « cerner », mais la radioactivité est alors telle qu'elle provoque la radiolyse de l'eau solvante ou la fragmentation de la masse solide (cf. affaire des fûts fissurés de Saclay en 1972).

Dans les lignes qu'il m'a adressées à ce propos, le Professeur NÉEL a bien voulu admettre qu'aucune solution satisfaisante n'est actuellement disponible pour les quantités de déchets à produire sous très peu par E.D.F., reconnaissant ainsi le caractère de pari ou même d'impasse dans lequel nous ont engagé quelques technocrates. On se résigne actuellement au dépôt dans des puits de mine ou des galeries, ou même au rejet dans des fosses marines (golfe de Gascogne pour l'EURATOM), donnant ainsi à nouveau aux océans ce rôle de poubelle mondiale critiqué à juste titre par les écologistes.

— *Effets Biologiques* : les effets biologiques des doses *fortes* et *moyennes* (au-dessus de 15 Rem environ) ne sont discutés par personne, partisan ou adversaire de l'utilisation de l'atome, tant ils sont perceptibles au niveau statistique ou individuel : brûlures, dermites, cancers (dont leucémie), mutations (défavorables) ; ces faits sont à la base de la réglementation actuelle de l'emploi des rayons X et des substances radioactives (décret du 20 juin 1966).

Ce qui reste discuté par certains est le problème des doses *faibles* (en dessous de 10 Rem), étalées sur *plusieurs années* (par exemple 100 mRem/an) et concernant l'ensemble d'une *population*. Ceci étant, les effets n'en seront ni immédiats ni généralisés, ce qui signifie que le problème se situe à un niveau *statistique*, comme dans le cas de la cigarette et du cancer du poumon.

Résumons la question par deux formules : l'extrapolation de la relation mise en évidence aux doses moyennes et fortes (où

l'intensité de la réponse est suffisamment nette pour que peu d'années et peu d'individus assurent la sécurité statistique) est-elle légitime aux faibles doses ? Y a-t-il proportionnalité à tous niveaux entre dose et effets, ou bien existe-t-il une *dose-seuil* en dessous de laquelle les radiations verraient tous leurs effets réparables sans séquelles par la matière vivante ?

Le problème se situe au niveau des acides nucléiques de nos gènes : ces molécules responsables à la fois de la synthèse de nos protéines donc de notre matière vivante, et de la transmission de notre patrimoine génétique, peuvent être en effet brisées par le choc d'une particule ionisante, ou modifiées par incorporation d'un isotope radioactif (comme le Phosphore 32 « mutant » en Soufre 32 avec une période de 2 semaines seulement). Dans les deux cas l'A.D.N. modifié devient incapable de remplir sa fonction traditionnelle « d'ordinateur biologique », d'où transmission d'un faux message, générateur de mutation délétère (au niveau de l'espèce) ou de cancérisation (au niveau de l'individu).

Bien que le problème des doses faibles soit encore assez controversé à l'heure actuelle, il est à noter qu'une forte majorité de généticiens et de biochimistes acceptent le schéma d'une proportionnalité à tous niveaux, alors que les quelques partisans de l'existence d'une dose-seuil sont très souvent des chercheurs travaillant pour le compte d'organismes nucléaires (U.S.A. ou France).

Quoiqu'il en soit, et pour reprendre une formulation due à l'E.D.F. elle-même, pour qui « l'une des règles les plus élémentaires du calcul statistique pour obtenir des résultats valables est



Le chantier de la centrale Bugey II (filiale P.W.R.)

(Photo Ph. Lebreton, mai 1973)

la nécessité de se baser sur une population très étendue et sur une longue durée », il est certain que nous ne disposons pas à l'heure actuelle de chiffres portant sur une population et une durée suffisantes. En d'autres termes, il est pour le moins *impossible de prouver que l'emploi dit pacifique de l'énergie nucléaire est sans danger*, remarque qui aurait dû suffire à faire adopter une attitude de prudence et d'expectative, dont le refus délibéré de la part de certains « responsables » constitue ainsi un véritable pari d'ordre génétique.

IV. LE PARI NUCLEAIRE

Pari technologique, pari génétique : par qui, au nom de qui de tels paris sont-ils pris ? C'est poser le problème de la *responsabilité* de notre politique nucléaire non-guerrière, assumée en France par un organisme jouissant du monopole d'Etat, l'E.D.F. : chacun de nous peut constater, depuis plus d'un an, la présence d'une publicité obsédante, payée des deniers de tous, sans que le consommateur puisse exercer le moindre choix devant cette affirmation dogmatique d'infailibilité.

1. POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

L'une des « lois » économiques des pays dits développés est le doublement décennal de la consommation électrique ; sur ces bases, la consommation annuelle française, égale à 33 milliards de KWh en 1950 et à 140 en 1970, devrait atteindre 400 milliards en 1985 et pas moins de 1 000 en l'an 2000.

Les ressources hydrauliques étant pratiquement toutes exploitées, la part du charbon décroissant pour des raisons socio-économiques, celle du pétrole risquant un tarissement politique, l'emploi du nucléaire devient une « nécessité » dont « l'évidence » n'a pas échappé aux dirigeants ; mais que cette progression même de la consommation, basée sur le mythe infantile de la croissance indéfinie, et que l'emploi confinant au gaspillage de cette même énergie, puissent être remis en question, ne semble pas, par contre, avoir effleuré les mêmes esprits (1), qui s'accrochent apparemment très bien d'une France comptant bientôt près de 200 réacteurs nucléaires de grande puissance...

Mais il y a pire : afin de financer dans l'immédiat ses investissements et d'asservir par avance le consommateur à toute tarification, l'E.D.F. en est amenée à nier les principes mêmes d'une politique d'économie de l'énergie primaire, en prônant le chauffage électrique, technique de gaspillage énergétique absolument éhontée. Sans détailler le second principe de la Thermodynamique, mentionnons que l'utilisation directe du fuel (source primaire actuelle la plus importante de l'énergie électrique, et pour bien des années encore) se fait avec un rendement thermique effectif de l'ordre de 70 %, alors que la transformation de cette même chaleur en électricité, étape thermodynamiquement déficitaire, abaisse le rendement global du chauffage électrique à 30 %

(1) Lignes écrites en août 1973, avant la guerre du Kipour et ses séquelles pétro-électro-politiques...

seulement : le chauffage électrique consomme ainsi deux fois plus d'énergie (de fuel notamment) que le chauffage traditionnel !

C'est là un exemple manifeste de la subordination de la science à l'arbitraire politique, des ingénieurs sans doute compétents étant amenés à nier les fondements de leur propre technique... Soutenu par une publicité fallacieuse, le chauffage électrique est d'ailleurs critiqué, non seulement par l'industrie pétrolière (ce qui peut paraître sujet à caution, même après réflexion...), mais par l'organisme-frère d'E.D.F., G.D.F. et, au sein de la profession elle-même, par le mouvement syndical C.F.D.T. On est d'ailleurs en droit de s'étonner du caractère à la fois anti-écologique et anti-social de la tarification dégressive du KWh., qui encourage le gaspillage, fait payer le prix fort au vieillard sans ressources et réserve ses faveurs à la villa luxueusement pourvue du confort du « tout électrique ».

Une autre « raison » de la politique nucléaire française est la recherche de l'indépendance, non seulement énergétique, mais économique et diplomatique ; bien des faits la contredisent pourtant, ne serait-ce que l'abandon de la filière graphite-gaz et l'achat des brevets et licences made in U.S.A. depuis 1969... Reconnaissons néanmoins une certaine logique interne à une attitude qui calque la politique nucléaire pacifique sur la politique guerrière, niant dans un cas comme dans l'autre la réalité de tout danger écologique et refusant au citoyen tout droit à l'information objective puis à la décision démocratique.

2. RISQUES ET CHOIX

D'ores et déjà, trois risques peuvent donc être décelés dans la politique nucléaire pacifique de notre pays : un risque certain, celui de la *pollution thermique* qui, non contente de réclamer la domestication totale de notre réseau hydrographique, va s'attaquer sous peu à nos rivages marins ; un risque probable, celui de l'accumulation exponentielle puis de l'impossible *stockage de déchets* dont la nocivité se définit en termes séculaires ; un risque possible, celui de l'*impasse génétique* condamnant, au nom d'un profit et d'un confort passagers, les générations qui nous succéderont sur la biosphère.

Mais le problème est également exemplaire au niveau des esprits : que devient ici la liberté du citoyen, transformé en robot-consommateur : « Consomme et tais-toi, d'autres décident pour toi... ». D'autres à qui ne revient d'ailleurs qu'une part de plus en plus démultipliée et « désincarnée » des décisions puis des responsabilités éventuelles, si bien que personne ne s'estime jamais coupable de quoi que ce soit : le politicien s'abrite derrière la *vox populi* qui l'a « élu » ou derrière l'avis du « technicien » ; ce dernier se retranche derrière les ordres venus d'en haut (même et surtout s'il a contribué par une documentation orientée à les infléchir dans le sens de ses désirs technocratiques) ou bien rejette toute faute sur le voisin, comme l'ingénieur E.D.F. se débarrassant de ses déchets sur son collègue C.E.A. de La Hague, lequel « subit », et ne veut pas savoir ce qu'il advient du Plutonium qu'il livre à l'Homme à l'entonnoir.

Société moderne, société technique et économique, société déshumanisante, es-tu vraiment la société du « Progrès », d'un progrès qui écrase l'homme sous « l'Econocratie » ?

Il ressort donc à plusieurs titres qu'en l'état actuel des connaissances, l'utilisation de l'énergie nucléaire, loin d'ouvrir l'âge d'or auquel croient les naïfs de la technique, peut conduire notre espèce à une véritable impasse biologique ; au nom de quel appétit momentané peut-on donc refuser l'attitude de sagesse réclamant un *Moratoire* de 5 ou 10 ans, destiné à tirer les nécessaires enseignements écologiques et biologiques permettant l'emploi éventuel d'une source d'énergie aussi polluante en son principe ? Qu'aurions-nous à perdre dans ce « pari pascalien » d'un moratoire : que les écologistes aient raison ? Le prix serait bien faible pour sauver l'humanité d'un désastre irréversible. Qu'ils aient tort ? Mais que représentent 5 ou 10 ans de « perdus » à l'échelle millénaire de l'évolution et de l'histoire humaines ?

Mais imaginons pourtant que la prudence se révèle en fin de compte une erreur : l'âge d'or adviendrait-il vraiment avec une source d'énergie illimitée, propre et quasi gratuite ? (1) Ne serait-ce pas au contraire la fin irrémédiable de ce qui subsiste de nature, l'énergie n'étant qu'un outil ou qu'une arme propre à concrétiser et satisfaire nos désirs d'agressivité, de conquête, d'expansion, de modification de notre milieu ? Qu'importe à nous naturalistes, qu'importe à l'Homme en ses racines profondes, un monde « ordonné », sillonné de millions de km de routes « parfaites » sur lesquelles rouleraient des milliards de voitures « propres » produites par des milliers d'usines « non polluantes » ? Que représenterait ce monde dénaturé résultant de la suprême exaltation de notre narcissisme, qu'autoriserait alors la facilité puis la débauche énergétiques...

En fin de compte, le problème de l'énergie nucléaire pacifique, le problème de l'énergie tout court, n'est pas seulement un problème technologique ni même écologique : il est un problème de civilisation, d'attitude de l'Homme face à lui-même et face à la Nature. Ou bien notre espèce trouvera enfin le frein nécessaire à son expansivité, ou bien elle périra sur ses richesses, entraînée dans sa chute avec une Nature qu'elle aura tuée sans pitié (2).

(1) Ce que certains pensent de l'énergie solaire. Sans nous prononcer sur le bien-fondé de cette technique, soulignons que la France s'engage certainement dans une impasse économique en misant tout sur le nucléaire. Parions fort que nous achèterons dans 10 ou 15 ans les brevets américains de centrales solaires... (Le Président Nixon vient de débloquer 10 milliards de Dollars sur 5 ans pour les recherches en matière d'énergie solaire).

(2) Pour plus de détails sur le problème nucléaire pacifique, voir :

— Ph. LEBRETON, Centrales nucléaires et Environnement, n°s 4, 5 et 6 de « La Gueule ouverte », mensuel écologique.

— LE HÉNAFF, La Pollution radioactive, Survivre et Vivre Edit., 5, rue Thorel, 75002.