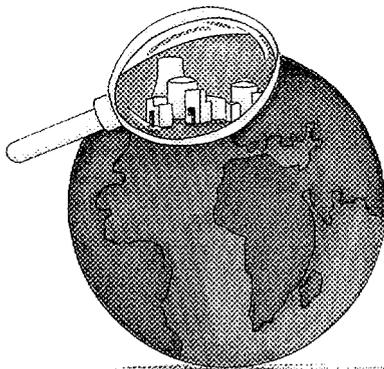




INIS-FR--093



ARGUMENTS

sur le nucléaire
et les autres sources
d'énergie électrique

31-04



Introduction	4
I L'Électricité dans le monde	7
II Coûts de production	15
III Ressources et réserves	23
IV Sûreté et accidents nucléaires	29
V Accidents liés à la production d'énergie	37
VI Santé et protection contre les rayonnements	41
VII Environnement et rejets	51
VIII Retraitement	69
IX Transport des matériels radioactifs	75
X Déchets	79
XI Démantèlement	87
XII REP et non-prolifération	91
XIII Opinion publique et nucléaire	95

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

Introduction

Cet ouvrage est avant tout destiné au personnel de Framatome

Le personnel de Framatome est considéré par les gens de l'extérieur comme "sachant par définition" tout ce qui a trait à l'énergie nucléaire. Il peut ainsi être amené à s'exprimer sur ce sujet en termes simples, malgré l'aspect complexe, multidisciplinaire, et parfois controversé de ce sujet.

Cet opuscule n'a pas d'autre prétention que de rassembler quelques données de base, **chiffres et arguments**, pour étayer une discussion sur le nucléaire.

Ces données sont regroupées par thème.

C'est intentionnellement que nous avons écarté tout ce qui touche au nucléaire militaire, sauf indirectement, pour ce qui concerne la non-prolifération.

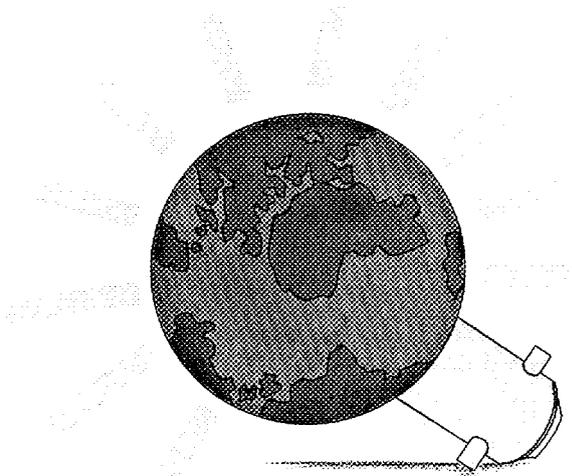
Nous avons situé le nucléaire par rapport aux autres sources d'électricité, car il est impossible de débattre sereinement sans prendre en considération à la fois les avantages et les inconvénients liés à chaque source d'électricité.

Les références sont mentionnées, lorsqu'elles sont disponibles. Elles sont choisies parmi les plus fiables, et parmi celles qui font l'objet d'une remise à jour périodique.

Si vous avez connaissance de chiffres intéressants, d'un argument ou d'un exemple particulièrement pertinent pour illustrer ou défendre un aspect du nucléaire, notez-le en fin du chapitre considéré, avec **sa référence**, et faites-en part à l'auteur en joignant **photocopie de la référence**, pour une prochaine révision.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

L'ÉLECTRICITÉ DANS LE MONDE



*“Une demande
en augmentation
constante, et durable”.*

Consommation d'énergie ^(1, 2, 3)

ANNÉE	1971	1991	2000	2010
			(prév.)	(prév.)
Total énergie primaire <i>(Mtep)</i>				
Monde	4859	7845	9144	11560
dont Europe de l'Ouest	1090	1451	1619	1813
dont France	147	220	221/259	227/297
Électricité <i>(TWh)</i>				
Monde	5308	12030	14976	20450
dont Europe de l'Ouest	1270	2430	2897	3661
dont France	150	434	424/455	456/547

La demande d'énergie primaire est en forte croissance dans le monde, mais faible pour l'Europe et la France.

Très forte croissance de la demande d'électricité dans le monde, moyenne en Europe, et très faible à moyenne en France, selon les scénarios de croissance envisagés.

La part de l'électricité en augmentation constante, quels que soient les hypothèses et les ensembles géographiques considérés. Pour satisfaire cette demande, toutes les sources d'énergie devront être sollicitées, et en priorité les moins polluantes.

Pour produire 1000 MWe pendant un an, ^(4, 5)

en fonctionnant pendant 75% du temps (disponibilité), il faut, selon la source :

- 25 tonnes d'uranium (enrichi à 4% en U235),
- 2 millions de tonnes de charbon,
- 1,27 million de tonnes de pétrole,
- 1,8 milliard de m³ de gaz naturel,
- 10 000 hectares de cellules photovoltaïques soit 10 km x 10 km
- 80 000 hectares d'éoliennes pour un site particulièrement favorable (la surface d'un petit département)
- 6,2 millions de tonnes d'ordures ménagères.

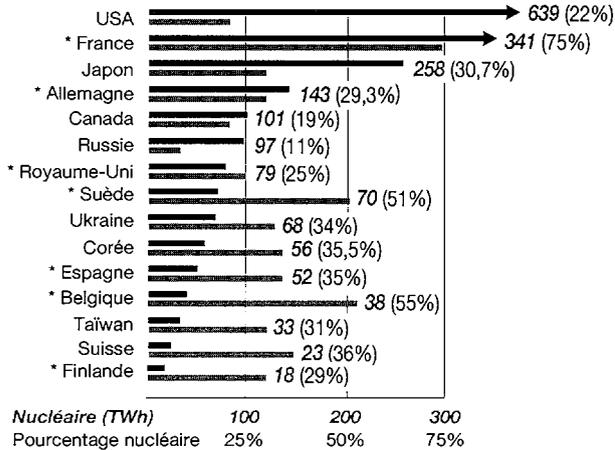
Malgré leur importante emprise au sol, le voltaïque et l'éolien nécessitent des moyens de substitution pour la production d'électricité lorsque l'ensoleillement ou la situation météorologique leur sont momentanément défavorables.

Le parc nucléaire, fin 1994

	Nombre de tranches	Puissance installée MWe	Énergie produite TWh
Monde ⁽⁶⁾	432	340 347	2130
France ⁽⁷⁾	54 (REP)	57 151	342

Les 15 premiers pays producteurs d'électricité nucléaire en 1994 ⁽⁶⁾

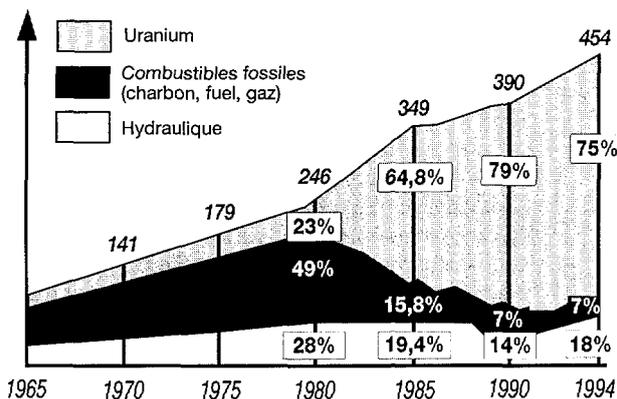
Pays (* Union Européenne)



L'Union Européenne est dépendante du nucléaire :

- La moitié des 15 premiers producteurs nucléaires font partie de l'Union Européenne (marqués d'un astérisque).
- Le nucléaire est la première source d'électricité, devant le charbon, dans l'Union Européenne ⁽⁸⁾.
- En outre, 18 pays dans le monde dépendent du nucléaire pour plus du quart de leur électricité.

Production d'électricité en France (en TWh/an) de 1965 à 1994, par source d'énergie primaire ⁽⁹⁾



Le charbon aurait été la seule alternative

industriellement raisonnable au nucléaire pour la France. Il en serait résulté chaque année :

- 385 millions de tonnes de CO² *,
- 6,6 millions de tonnes de SO² *,
- 1,1 million de tonnes de NO_x *,
- 41 millions de tonnes de poussières *,

sans compter l'encombrement des ports et des chemins de fer, et un "trou" de 50 milliards de francs dans la balance commerciale pour importer chaque année le charbon nécessaire.

* contre zéro pour le nucléaire dans les quatre cas.

Puissance mondiale en cellules photovoltaïques en 1994 : 69,44 MWe, le double de celle de 1988 ⁽¹¹⁾. Vingt fois moins qu'une tranche de 1300 MWe. Pour longtemps encore, le voltaïque ne restera intéressant que pour une production décentralisée "hors réseau".

Puissance mondiale installée en éolienne en 1995 : 3450 MWe*, dont 1750 pour l'Europe. La production européenne attendue pour 1995 est de 4 TWh, soit un "rendement" de 26%, considéré normal pour des éoliennes ⁽¹²⁾. La puissance éolienne installée est en augmentation plus rapide que celle du photovoltaïque, et le coût de production est très sensiblement plus bas. Le gouvernement français a demandé à EDF (janvier 1996) de construire 500 MWe en éolien, étalés sur les prochaines années.

Propositions du Conseil Mondial de l'Énergie. Parmi les résolutions du CME de Tokyo en octobre 1995, on trouve ⁽¹⁰⁾ :

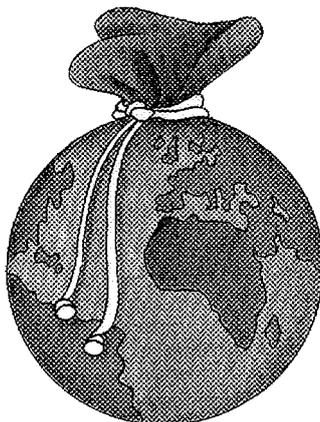
- Le développement rapide de sources d'énergie économiques et non fossiles ;
- Une politique de "précaution" vis-à-vis du risque de changement climatique (c'est à dire ne pas attendre de souffrir des méfaits de l'effet de serre pour réagir) ;
- Les gouvernements et l'industrie nucléaire doivent redoubler d'efforts technologiques et de communication pour faire accepter le nucléaire par le grand public.

Références

1. DGEMP, "Chiffres clés de l'Énergie", 1994.
2. AIE, 1994 (CEA).
3. EDF
4. GE, "Nuclear Power Quick Reference", 5ème édition.
5. D'après Ad. van Wijk (Utrecht)
Conférence SFEN "Énergie nucléaire et énergies renouvelables" novembre 1992.
6. NEI Infobank, 1995.
7. EDF, "Exploitation du parc nucléaire", 1994.
8. J.-C. Leny, Conférence EPR, Strasbourg, novembre 1995.
9. EDF, Répertoire des visuels, 1995.
10. 16ème Congrès Mondial de l'Énergie, Tokyo, octobre 1995.
11. Systèmes solaires, octobre 1995.
12. Systèmes solaires, décembre 1995.

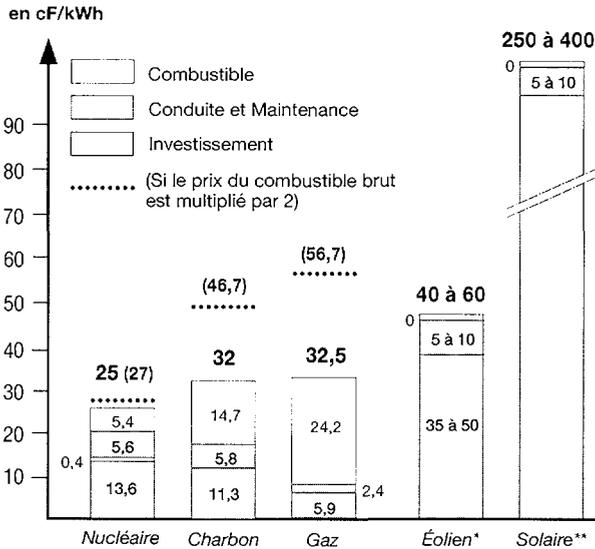
**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

COÛTS DE PRODUCTION



*“Le nucléaire, bien mis en œuvre,
est un facteur de compétitivité.
C’est une assurance de stabilité
du coût du kWh à long terme”.*

Coûts en France, où la presque totalité des énergies fossiles est importée, et pour une production en base, soit 6000 heures par an ^(1, 2, 3), évalués en centimes de francs français par kilowattheure (cF/kWh)



Tous les coûts environnementaux du nucléaire sont "internalisés". Dans ce tableau, le nucléaire concerne une tranche "N4", le charbon une tranche à lit fluidisé, et le gaz est à cycle combiné.

* La référence pour l'éolien est américaine.

** La référence pour le solaire est allemande.

- La part correspondant à l'amortissement de l'investissement nucléaire comprend les intérêts intercalaires (pendant la construction) et tient compte du coût de démantèlement (la provision d'EDF pour démantèlement dépasse 30 milliards de F. en 1995).
- La part Conduite et Maintenance nucléaire tient compte du coût de stockage des déchets de faible et moyenne activité et d'une assurance "accident majeur" à hauteur de 600 MF pour la part incombant à l'exploitant, le complément éventuel étant à la charge de l'État.
- La part Combustible nucléaire tient compte du coût de retraitement et de stockage des déchets de haute activité, y compris le financement des laboratoires souterrains.

Nota : Suite aux baisses récentes des prix des combustibles fossiles, les estimations 1996 d'EDF mettent le kWh nucléaire, charbon et gaz pratiquement au même prix.

Stabilité du coût du kWh nucléaire. Si le prix de l'uranium venait à doubler, cela ne changerait pratiquement pas le prix du kWh nucléaire car l'uranium n'intervient que pour 5% dans le prix du combustible nucléaire, essentiellement constitué par les services liés (concentration, enrichissement, conversion, fabrication de l'assemblage, retraitement, stockage) alors qu'un doublement du prix du gaz naturel entraînerait une énorme augmentation du prix du kWh gaz (+ 70% à 80%).

Le soleil et le vent sont gratuits, ... mais la part de l'amortissement de l'investissement reste très élevée pour ces installations, de très faible puissance unitaire, et d'une technologie sophistiquée. L'entretien de ces installations, exposées à toutes les intempéries, est également onéreux. Il faut de surcroît disposer de centrales conventionnelles de puissance équivalente pour suppléer aux défaillances (calme plat pour l'éolien, nuits pour le photovoltaïque). Leurs structures importantes sont en outre esthétiquement pénalisantes pour l'environnement.

L'engouement pour le gaz est incontestable, en particulier pour les centrales à cycle combiné qui atteignent des rendements exceptionnellement bons, pour un investissement relativement faible, et un rapide retour d'investissement, mais ...

Le "tout gaz" est un pari dangereux, car le risque de "choc gazier" est important : la stabilité politique des principaux pays exportateurs (Russie, certains pays d'Afrique, du Proche et du Moyen Orient) n'est pas certaine. Contrairement au pétrole et au charbon, le gaz est un marché régional qui rend les pays consommateurs très dépendants (risque de cartellisation).

Internalisation des coûts externes. Le nucléaire est (avec l'hydraulique) la seule source d'électricité à incorporer dans le prix du kWh les coûts environnementaux induits tels que le traitement et le stockage des déchets et le démantèlement. Une "écotaxe" sur le thermique classique (charbon, gaz, fuel-oil) pour lutter contre les émissions de gaz à effet de serre ou contribuant à la pollution des lacs et la destruction des forêts par les pluies acides est envisagée sérieusement ... depuis dix ans.

Le coût du combustible nucléaire (environ 5 cF/kWh, incluant tous les coûts, depuis la mine en passant par l'enrichissement, le retraitement et le recyclage) ne dépasse pas le coût du seul traitement des fumées d'une centrale au charbon ⁽⁴⁾.

Le nucléaire est économique, puisque tous nos voisins nous achètent du courant : 69,6 TWh de solde net exportation par EDF en 1994, payés plus de 17 milliards de francs ⁽⁵⁾.

Le solde net d'EDF se répartit entre :

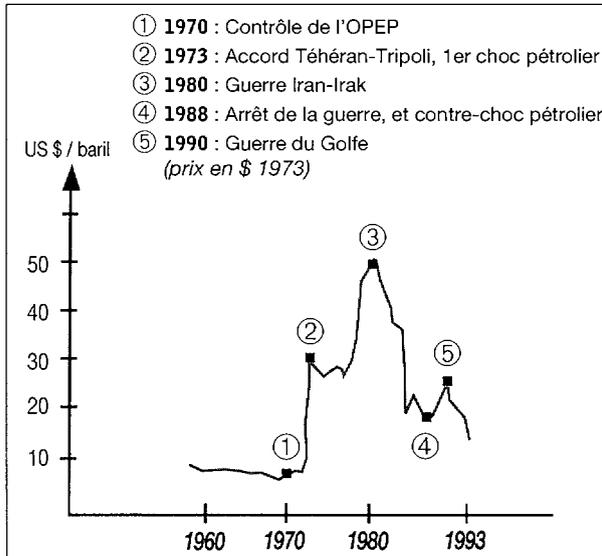
GB : 16,3 TWh. Benelux : 7,8 TWh D : 5,2TWh.
CH : 20,7 TWh. I : 14,0 TWh. E : 5,6 TWh.

Aux États-Unis, où les énergies fossiles sont abondantes et le charbon est accessible à ciel ouvert, le kWh nucléaire, grevé par une conception "à l'unité et à la carte", sans standardisation ne bénéficie pas d'un avantage comparable à celui que l'on constate en France.

En Allemagne, le kWh vaut (en Pfennig/kWh, pour une production en base) ⁽³⁾ :

- Charbon domestique : 13,8
- Nucléaire : 7,2
- Éolien : 15
- Photovoltaïque : 83.

Fluctuations du prix du pétrole ⁽⁶⁾



Le prix du pétrole a été multiplié par 7 entre 1970 et 1982. Par convention internationale, le prix du gaz naturel est "accroché" à celui du pétrole.

Le remplacement du nucléaire par des énergies fossiles (le fameux "phase-out" cher aux antinucléaires) aurait, selon une étude prospective, des répercussions insupportables sur le prix de l'électricité ⁽⁷⁾.

On comprend l'inquiétude des industriels et des syndicats suédois à la perspective de fermer les centrales nucléaires dans ce pays à l'horizon 2010. Le coût global de ce remplacement est estimé à 56 milliards de dollars par une étude américaine récente ⁽⁸⁾.

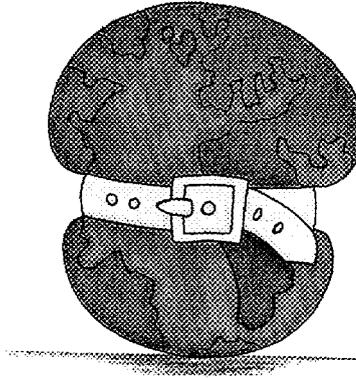
"Le kWh photovoltaïque est environ 20 fois plus cher à produire que les énergies auxquelles il se substitue, qu'elles soient thermique, hydraulique, ou nucléaire" ⁽⁹⁾. L'énergie solaire peut contribuer avantageusement à la production d'eau chaude et aux moyens de chauffage, mais son utilisation pour une production industrielle d'électricité est encore éloignée.

5% en 2020 pour les "nouvelles" énergies renouvelables (hors grand hydraulique et biomasse traditionnelle). Ce pourcentage de l'énergie primaire pourrait atteindre 10%, mais avec un soutien massif de nombreux états ⁽¹⁰⁾.

Références

1. EDF, *Présentation à l'AIEA*, avril 1996.
2. Richard Ottinger, *Pace University, NY*, 1991.
3. Rainer Friedrich et Alfred Voss "Energy policy N°2", 1993.
4. J.-L. Ricaud, *Conférence SFEN*, janvier 1995.
5. EDF. "Exploitation du parc nucléaire", 1994.
6. IFP. *Conférence "Signaux du futur"*, Paris, décembre 1993.
7. AEN, décembre 1992.
8. William D. Nordhaus, économiste de l'environnement, *Université de Yale*, novembre 1995. *L'estimation inclut les coûts des mesures que la Suède devrait prendre pour se conformer aux obligations internationales en termes d'émissions de gaz carbonique.*
9. Claude Mandil, directeur de la DGEMP, *Ministère de l'Industrie. Libération*, 31 octobre 1995.
10. *Conseil Mondial de l'Énergie*, "L'énergie pour le monde de demain" (p 181).

RESSOURCES ET RÉSERVES



*“Les ressources fossiles s'épuisent,
et sont indispensables à la chimie.
Les énergies renouvelables
resteront encore longtemps
marginales”.*

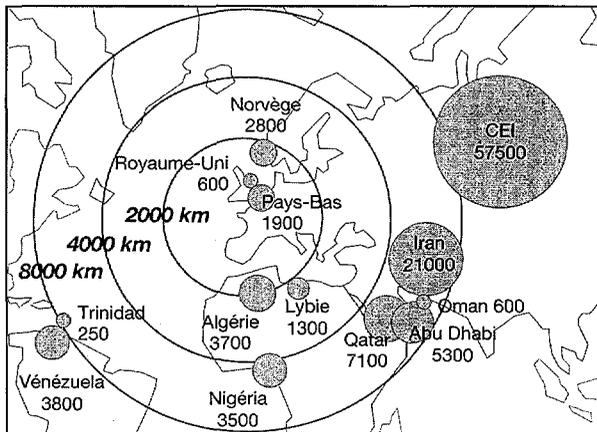
Évaluation des réserves mondiales au taux actuel de consommation ⁽¹⁾ :

- 43 ans de pétrole (67% des ressources se trouvent au Moyen-Orient),
- 66 ans de gaz naturel (72% des ressources sont concentrées en CEI et au Moyen-Orient),
- 230 ans de charbon.

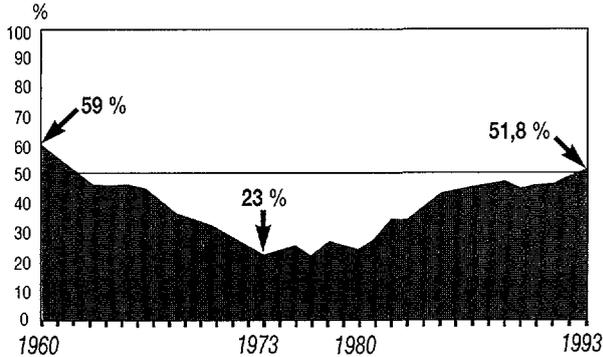
Selon le CME, ces trois énergies fossiles couvriront encore 75 à 80% des besoins de la Planète en 2050, contre 4% aux énergies renouvelables.

- 40 ans d'uranium dans des REP, ou 50 ans avec retraitement-recyclage, ... ou plus de 20 siècles avec des Réacteurs à Neutrons Rapides (RNR).

Fournisseurs potentiels du marché gazier européen et réserves (en milliards de m³) ⁽²⁾



Indépendance énergétique de la France ⁽³⁾



C'est essentiellement au programme nucléaire que la France doit la remontée de son indépendance énergétique depuis la crise de 1973.

Éléments de prévisions à échéance 2020 au niveau mondial ⁽¹⁾ :

- Le parc automobile (clientèle "captive" du pétrole) passera de 400 millions à 1 milliard de véhicules,
 - Il y aura 27 mégapoles de plus de 10 millions d'habitants, contre 14 aujourd'hui (et 2 en 1950) ; or les citadins consomment deux fois plus d'énergie que les ruraux.
 - La demande d'énergie croîtra de + 50 % à 13,4 Gtep, contre 8,8 Gtep aujourd'hui.
- Croissance faible de la demande (6 à 18%) dans les pays développés, et très forte (150 à 246%) dans les autres pays, surtout en Asie du Sud (224%) et du Sud-Est (246%).
- Parmi les énergies, la "part de marché" de l'électricité restera partout en forte croissance.

Un an de réserve d'électricité pour la France représenterait :

- 2000 assemblages de combustible, qui tiendraient aisément dans un local de quelques dizaines de mètres de côté, et de 10 mètres de haut.
- 70 millions de tonnes de pétrole, soit l'équivalent de 280 tankers de 250 000 tonnes,
- 110 millions de tonnes de charbon, ou
- 100 milliards de m³ de gaz.

Le nucléaire français est équivalent au pétrole du Koweït en termes d'énergie produite. Mettre un N4 en service, c'est découvrir un gisement de 650 millions de barils de pétrole ⁽⁴⁾

Le "pillage" des ressources. L'humanité brûle chaque année en charbon et en pétrole ce que la nature a constitué en 100 000 ans.
Contrairement au charbon, au gaz et au pétrole, l'uranium ne peut servir qu'à faire de l'énergie.
Mieux vaut en faire de l'électricité !

Que vaut-il mieux ?

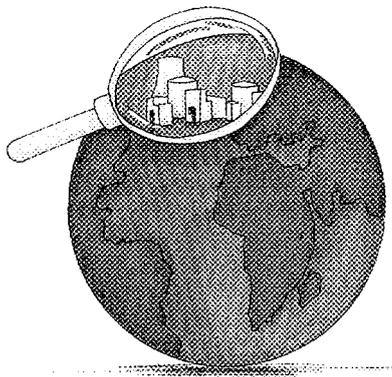
- continuer à améliorer le conditionnement de quelques milliers de m³ de déchets nucléaires, et les rendre inoffensifs une fois confinés à 600 ou 800 m de profondeur, ou
- laisser le climat se détériorer de façon menaçante (cf. Effet de serre, Ch. VII), continuer à épuiser les ressources fossiles ou les laisser hors de prix aux futures générations ?

Références

1. *16ème Congrès Mondial de l'Énergie, Tokyo, octobre 1995.*
2. *IFP, février 1996.*
3. *EDF, "Répertoire des visuels", 1995.*
4. *GE, "Nuclear Power Quick Reference". 5ème édition.*

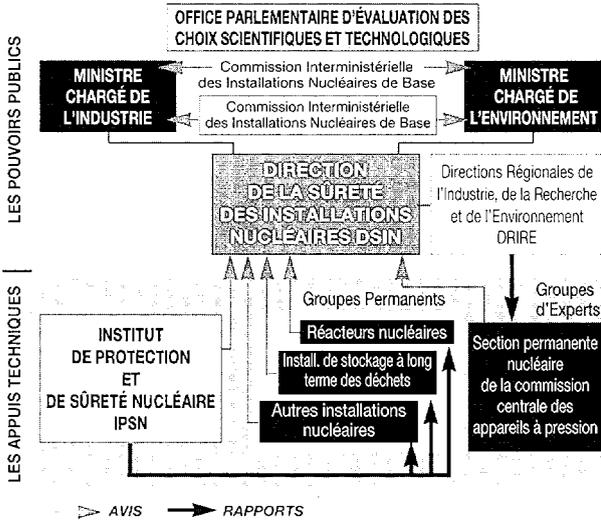
**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

SÛRETÉ ET ACCIDENTS NUCLÉAIRES



“L’électronucléaire de l’Ouest n’a eu aucune conséquence sur la santé, et un très faible impact sur l’environnement, depuis l’origine de son utilisation”.

Le contrôle de la sûreté en France ⁽¹⁾



Des autorités de sûreté indépendantes, et sous la double tutelle des ministères de l'Industrie et de l'Environnement.

"Un réacteur peut être défini comme sûr si le risque d'accident sérieux est suffisamment faible pour être considéré comme acceptable, en se référant aux risques que les sociétés acceptent pour leurs autres activités industrielles, étant entendu que le risque nul est un objectif inaccessible"⁽²⁾. A cela, trois conditions :

- une conception sûre,
- une bonne qualité de réalisation,
- une exploitation rigoureuse.

Une énergie dont on mesure les dangers, une technique maîtrisée. Pour donner des repères aux journalistes et au public sur l'importance d'un incident ou d'un accident, une échelle de gravité "International Nuclear Event Scale" abrégée "INES", comparable à l'échelle Richter pour les séismes, a été instituée par l'Agence AIEA de Vienne, reprise de l'échelle instituée en France dès 1986 ⁽³⁾.

Critères liés à la sûreté			
Échelle INES	Conséquences à l'extérieur du site	Conséquences à l'intérieur du site	Dégradation de la défense en profondeur
7 Accident majeur	<i>Rejet majeur</i> : effets étendus sur la santé et l'environnement		
6 Accident grave	<i>Rejet important</i> : susceptible d'exiger l'application intégrale des contre-mesures prévues		
5 Accident	<i>Rejet limité</i> : susceptible d'exiger l'application partielle des contre-mesures prévues	Endommagement grave du cœur du réacteur / des barrières radiologiques	
4 Accident	<i>Rejet mineur</i> : exposition du public de l'ordre des limites prescrites	Endommagement important du cœur du réacteur / des barrières radiologiques / exposition mortelle d'un travailleur	
3 Incident grave	<i>Très faible rejet</i> : exposition du public représentant une fraction des limites prescrites	Contamination grave / effets aigus sur la santé d'un travailleur	Accident évité de peu / perte des barrières
2 Incident		Contamination importante / surexposition d'un travailleur	Incident assorti de défaillances importantes des dispositions de sécurité
1 Anomalie			Anomalie sortant du régime de fonctionnement autorisé
0 Écart	Aucune importance du point de vue de la sûreté		
Événements hors échelle	Aucune pertinence du point de vue de la sûreté		

Pour l'ensemble du parc nucléaire français

- en 1994, 67 incidents ont été classés, répartis en 65 "INES 1", et 2 "INES 2".
- en 1995, 78 incidents, tous classés "INES 1"⁽⁴⁾,

Trois accidents majeurs ont affecté les centrales électronucléaires dans le monde depuis les origines de cette énergie : Windscale (GB), Three Mile Island (USA), et Tchernobyl (URSS)⁽⁵⁾.

Windscale (octobre 1957) : 740 TBq* rejetés (essentiellement iode I_{131}), aucun mort, aucun blessé (aucune personne n'a reçu une dose excédant la limite annuelle admissible). Dose moyenne de 0,1 mSv** par habitant dans un rayon de quelques km. Accident classé INES 5.

* *Té debatequerel, soit 10^{12} désintégrations par seconde.*

** *milliSievert : exprime la dose reçue.*

Three Mile Island (mars 1979) : 70 000 TBq rejetés à l'extérieur de l'enceinte de confinement, aucun mort, aucun blessé (mais des dégâts industriels très importants à l'intérieur de l'enceinte de confinement). Dose moyenne de 0,015 mSv par habitant dans un rayon de 80 km. Accident classé INES 5.

Tchernobyl (avril 1986) : une explosion de vapeur provoque le rejet de 2 millions de TBq (pas d'enceinte de confinement). 3 morts par brûlure, plus 29 morts "par effets aigus" parmi 237 personnes hospitalisées pour "syndrome aigu d'irradiation". 135 000 personnes ont été évacuées.

Les estimations de cancers induits varient de 5000 à 10 000 selon la CIPR et l'US National Council on Radiation Protection, à moins de 25 000 selon l'AIEA. A part les cancers de la thyroïde, dont on relève une majoration, mais qui se soignent assez facilement, il sera très difficile de mettre en évidence les autres cancers parmi les 40 à 70 millions de cancers qui frapperont de toute manière la population des régions concernées de l'ex-URSS ⁽⁶⁾.

Près de 600 000 personnes ont participé à l'assainissement du site (les "liquidateurs") et leur suivi radiologique est très difficile.

Parmi les personnes qui ont été suivies, on constate peu de "surmortalité" mais un excès important de troubles divers essentiellement attribuables à des traumatismes de tous ordres (déplacements, mauvaise nutrition, anxiété, etc.). La dose moyenne reçue par les 115 000 personnes les plus exposées a été de 250 mSv, soit 100 fois la radioactivité naturellement reçue en un an.

L'accident a été classé INES 7 (pire accident envisageable).

A noter que cet accident a rejeté 20 fois moins de radioactivité dans l'atmosphère que les essais nucléaires aériens avant leur arrêt en 1963.

Plusieurs observations à propos de l'accident de Tchernobyl, qui expliquent la gravité des conséquences :

- Réacteur de type RBMK de conception initiale intrinsèquement instable (coefficient de vide positif : la réaction nucléaire s'accélère en cas d'absence de l'eau de refroidissement, alors qu'elle faiblit en l'absence d'eau dans un réacteur à eau ordinaire) ;
- Insertion trop lente des barres de contrôle (25 secondes) ;
- Absence d'enceinte de confinement du réacteur, et aucun piège à iode ;
- Procédures de conduite violées sciemment par les opérateurs, allant jusqu'à bloquer les systèmes de sécurité ;
- Absence d'autorités de sûreté indépendantes
- Les secours auraient dû, et pu être plus efficaces (distribution d'iode trop tardive, "liquidateurs" mal protégés, évacuation tardive de la population, etc.).
- L'incendie du graphite a provoqué un "effet de cheminée" qui a entraîné les produits de fission à haute altitude, d'où ils ont été propagés à plusieurs milliers de kilomètres.

Des améliorations ont été entre-temps apportées aux centrales "RBMK", qui les rendent plus stables (enrichissement plus élevé du combustible), plus sûres (temps d'insertion des barres réduit de 25 à 2,5 secondes). Les autorités de sûreté sont en outre plus indépendantes, les procédures plus strictes, la formation du personnel est meilleure, etc.

Principes et éthique de sûreté

Centrales occidentales

- Concept physique stable
- 3 barrières de confinement
- Enceinte équipée de pièges à iode
- Procédures très strictes (Défense en profondeur)
- Leçons tirées de TMI, améliorations constantes, retour d'expérience
- Autorités de sûreté indépendantes
- "Culture de sûreté" éprouvée
- Transparence

RBMK en 1986 (Tchernobyl)

- Emballement possible
- 2 barrières (pas d'enceinte)
- Pas de piège à iode
- Procédures insuffisantes, et violées lors de l'accident
- Autarcie jusqu'en 1986
- Contrôles déficients
- Sous-estimation des risques
- Secret (Tchernobyl a initié la "Glasnost")

Risques réels et obsessions ...

Pour l'ensemble de l'Europe, les risques de futurs cancers induits par l'accident de Tchernobyl sont importants (5000 à 25 000, selon les estimations), mais sont à comparer à 60 millions de cancers dits "naturels" qui surviendront à cette même population pendant la même période.

Si le tiers de la population-fumeur européenne passe de 1350 cigarettes par trimestre (soit 15 cigarettes par jour) à 1351, c'est-à-dire une cigarette de plus tous les trois mois, il s'en suivra statistiquement 8000 cancers supplémentaires, soit beaucoup plus que les effets de Tchernobyl ⁽⁷⁾.

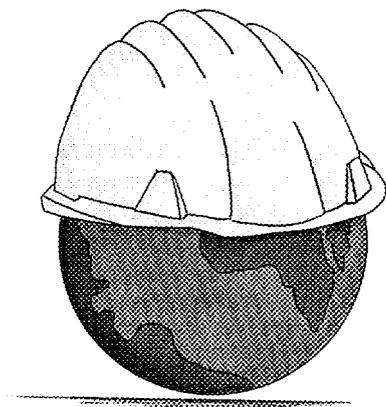
Les informations alarmistes diffusées après l'accident ont entraîné plusieurs dizaines de milliers d'interruptions volontaires de grossesse en Europe occidentale ⁽⁸⁾.

... Tout ceci, bien sûr, n'excuse pas ce qui s'est passé à Tchernobyl.

Références

1. DSIN, "Contrôle", août 1995.
2. J. Bourgeois, P. Tanguy, F. Cogné, J. Petit "La sûreté nucléaire en France et dans le monde" éditions Polytechnica, 1996.
3. DSIN, "Le contrôle de la sûreté en France" décembre 1995.
4. EDF, "Rapport de l'Inspecteur général pour la sûreté nucléaire, 1994. Résultats EDF 1995.
5. IPSN, "Tchernobyl, 9 ans après".
6. NucNet du 11 mars 1996, sources citées par le BNIF.
7. Maurice Tubiana, professeur de médecine, membre de l'Académie des sciences, ancien directeur de l'Institut de cancérologie Gustave Roussy à Villejuif, président du Comité des experts cancérologues européens, Revue Générale Nucléaire N°5, 1987.
8. "The health effects of low-level radiations: Science, data, and corrective action". Nuclear News, septembre 1995.

ACCIDENTS LIÉS À LA PRODUCTION D'ÉNERGIE



*“De toutes les sources d’énergie
(les barrages, le charbon, etc.),
l’énergie nucléaire est celle qui a,
de beaucoup, provoqué le moins
grand nombre de morts
au XX^e siècle”⁽¹⁾.*

Toute utilisation d'énergie comporte un risque.

L'OIT (Organisation Mondiale du Travail, dépendant de l'ONU) recense chaque année 11 000 morts dans les seules mines de charbon. Mais le charbon n'est pas la seule source dangereuse.

Quelques exemples relevés par une lecture (non assidue) d'Enerpresse ⁽²⁾ en un an :

<i>Date</i>	<i>Nb de morts</i>	<i>Cause</i>	<i>Lieu</i>
31.08.94	52, +22 disp	charbon	Philippines
15.09.94	100	gaz	Espagne
01.11.94	4	gaz	Leipzig (RFA)
04.11.94	300	pétrole	Égypte
09.12.94	3	gaz	Nantes (F)
02.01.95	70	gaz	Venezuela
du 1.1 au 15.04.95	605	charbon	Chine
24.04.95	3	gaz	Montreuil (F)
04.07.95	1	gaz	Toul (F)
30.08.95	1	pétrole	Russie
du 1.1 au 04.09.95	20	charbon	Espagne

1181 morts au total, auxquels les media n'ont pas accordé beaucoup d'intérêt. Le moindre "mort nucléaire" aurait probablement occupé la "Une" des journaux pendant plusieurs jours.

La combustion du gasoil est dangereuse. Un rapport d'experts mandatés par le ministère de la Santé britannique conclut que l'ingestion des fines particules émises par les moteurs diesels est responsable de 2000 à 10 000 morts par an en Grande Bretagne, sans compter les cancers à long terme ⁽³⁾.

Catastrophes écologiques. Il faut aussi parler des marées noires (Amoco Cadiz, Exxon-Valdez, etc.), des incendies catastrophiques (Koweït pendant la guerre du Golfe), de plusieurs explosions (Sibérie, après des fuites de gaz), qui, sans avoir provoqué beaucoup de victimes humaines, n'en ont pas moins été des catastrophes écologiques.

Le nucléaire est potentiellement dangereux ... mais le même raisonnement est applicable à toutes les sources d'énergie :

- Un méthanier, livrant ses 200 000 tonnes de méthane dans un grand port,
- Un gazoduc, véhiculant plusieurs centaines de m³ de gaz par minute à 80 bar de pression,
- Un barrage, retenant plusieurs millions de m³ d'eau à une hauteur moyenne de plusieurs dizaines de mètres au dessus d'une vallée densément peuplée,
- Un stockage de plusieurs milliers de tonnes d'hydrocarbures.

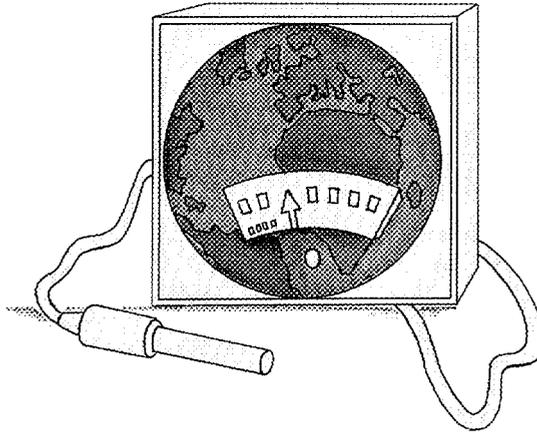
Énergie hydraulique. Les ruptures de barrage ont fait plusieurs dizaines de milliers de victimes dans le monde. Même en exploitation "normale", les barrages peuvent se révéler dangereux (Vallée du Drac, décembre 1995).

Toute forme d'énergie est potentiellement dangereuse, mais se priver d'énergie est infiniment plus dangereux.

Références

1. *Jean-Louis Funck-Brentano, professeur de médecine, membre de l'Académie des Sciences. Article du Monde, 30 octobre 1995.*
2. *Enerpresse*
3. *Enerpresse, 10 novembre 1995.*

SANTÉ ET PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS



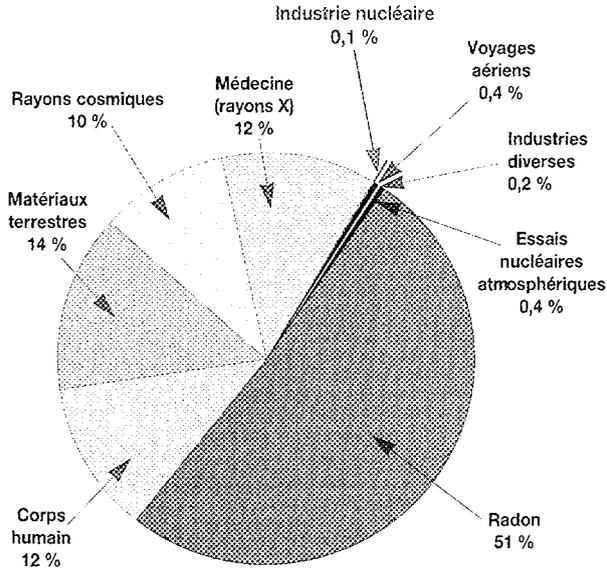
“A dose égale, la radioactivité artificielle a exactement les mêmes effets sur l'organisme que la radioactivité naturelle”.

“L'électronucléaire représente moins de 0,1% de la radioactivité naturelle”.

Les radiations font partie de la nature ... depuis le "Big Bang".

Après 100 ans d'études, les scientifiques en savent plus sur les effets sanitaires de la radioactivité que de la plupart des agents physiques et chimiques ⁽¹⁾.

Les origines de la radioactivité



"Le rôle éventuel de l'irradiation naturelle dans l'induction de cancers humains n'a pas été démontré" ⁽²⁾ Avec les précautions de langage des scientifiques, cela revient à dire "qu'il n'y a aucun lien démontré entre les cancers humains et la radioactivité naturelle".

Alors, est-ce que les 0,1% apportés par l'industrie nucléaire peuvent y changer quelque chose ?

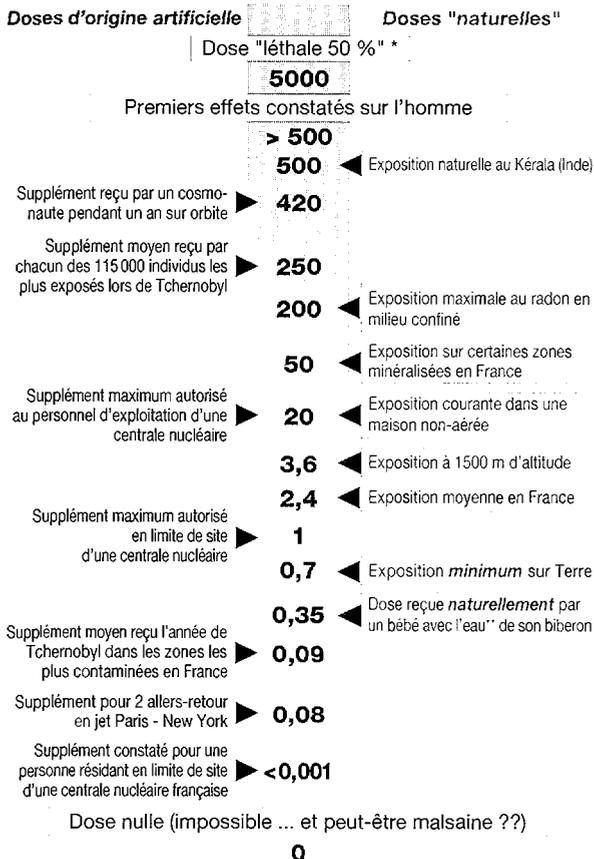
Exposition humaine moyenne aux rayonnements dans le monde ⁽³⁾

<i>Nature de l'exposition</i>	<i>Dose annuelle moyenne</i>	<i>Pourcentage de l'exposition naturelle</i>
Naturelle	2,4 mSv*	
Médicale	1,1 mSv	46%**
Industrie nucléaire	0,0001 mSv	0,005%
Essais militaires	0,02 mSv	0,8%
Conséquences de Tchernobyl en France (1ère année)	0,09 mSv	3,6%

* La radioactivité varie de 1 à 5 selon la nature du terrain, et l'altitude.

** Ce pourcentage correspond aux pays développés uniquement. Ajoutons que cette exposition médicale sauve chaque année plus de 10 000 vies humaines, rien qu'en France.

Doses reçues par un individu pendant un an (ou supplément occasionnel)



* Dose à laquelle on constate la mort d'une personne sur deux en l'absence de soins médicaux.

** Eau minérale de montagne très commune.

Irradiation ou contamination ?

L'irradiation est l'effet à distance des rayons provenant d'une source radioactive ; essentiellement des rayons beta peu pénétrants (une feuille d'aluminium en protège), et gamma, mais aussi X et neutrons, plus pénétrants (plusieurs mètres de béton peuvent être nécessaires pour s'en protéger).

La contamination est l'action au contact de la peau et des muqueuses, par inhalation, ingestion, ou au toucher, par des rayons alpha très peu pénétrants : une feuille de papier suffit pour s'en protéger.

Les normes de radioprotection ressortent de recommandations émises par la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR), mises en application par les autorités responsables de la santé publique dans chaque État. Elles fixent les seuils, très conservatifs, à ne pas dépasser pour le public (5 mSv/an) et pour les travailleurs de l'énergie nucléaire (50 mSv/an). La CIPR a cependant révisé ses recommandations à la baisse depuis 1990 ("CIPR 60" : 1 mSv/an , et 20 mSv/an, respectivement).

"Il n'existe pas de fait scientifique indiscutable et récent en faveur de l'abaissement des normes en matière de radioprotection en vigueur en France"⁽⁴⁾. C'est la conclusion d'un rapport de l'Académie des Sciences analysant les recommandations de la CIPR pour abaisser les limites admissibles de 50 à 20 mSv/an sur 5 ans pour les travailleurs, et de 5 à 1 mSv/an pour le grand public. Néanmoins, la France a accepté la directive européenne demandant l'application des nouvelles normes CIPR.

Plusieurs fois la dose naturelle de radioactivité n'a pas de conséquence. "La quantité de radon dégagée par le granit rose des maisons de Bretagne est 5 à 10 fois plus élevée qu'ailleurs, atteignant parfois des doses supérieures aux limites admises dans les mines d'uranium. Or aucune augmentation particulière de la fréquence des cancers n'a été observée (dans ces régions)"⁽⁵⁾.

Les radiations sont moins cancérigènes que beaucoup de produits chimiques, même à haute dose, où aucun spécialiste ne conteste leurs effets négatifs sur la santé : parmi les 75 000 survivants d'Hiroshima et Nagasaki médicalement suivis depuis 40 ans, 6000 sont morts de cancer. Pour une population "témoin" de 75 000 Japonais non soumise aux radiations, on observe statistiquement environ 5650 morts par cancer. Il y a donc dans ce cas 6% de cancers en excès ⁽⁶⁾.

Aucune évidence scientifique ne permet de dire si une dose individuelle de 100 mSv a des effets sur l'homme. Ces effets, s'ils existent, sont indétectables, même par de très larges études épidémiologiques ⁽⁶⁾.

Dose collective reçue par l'ensemble du personnel d'exploitation et de maintenance (EDF et sous-traitants) pour une tranche EDF :
1,60 homme-Sv * pour 1994/95 (chiffre en régression permanente au fil des ans) ⁽⁷⁾.

* *1 homme-Sievert pour une opération signifie, par exemple, que les 500 intervenants à cette opération se sont "partagés" cette dose, et ont reçu chacun, en moyenne, 1/500ème de 1000 mSv, soit 2 mSv.*

En fait, un carnet individuel (informatique) suit chaque intervenant.

Multiplés applications du nucléaire. Les rayonnements artificiels sont utilisés pour fabriquer de l'électricité, mais aussi pour la recherche scientifique, la médecine nucléaire (imagerie et soins), la stérilisation hospitalière, la conservation alimentaire, la datation, la criminologie, la détection incendie, l'agriculture, la propulsion navale, les horloges atomiques, etc.

La peur des centrales. La radioactivité issue du corps humain (en particulier le potassium P_{40} , et le carbone C_{14} présents naturellement) irradie 100 fois plus que les centrales nucléaires* , comme le montre le schéma page 42.

Si votre interlocuteur persiste à se considérer menacé par la radioactivité, suggérez-lui d'entrouvrir sa fenêtre : il diminuera de plusieurs points les 37% de la radioactivité due en moyenne au radon, naturellement présent dans sa maison. ... Alors qu'en exigeant l'arrêt de toutes les centrales électronucléaires mondiales, il gagnerait moins de 0,1% !!

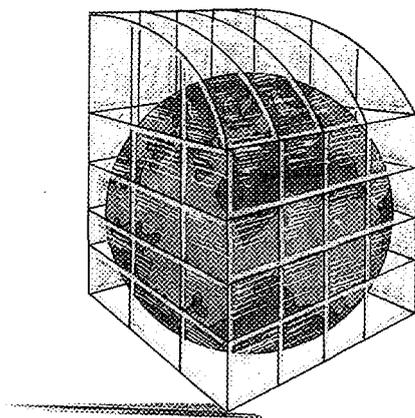
* *Le corps humain sécrète des enzymes dénommées "réparases" parce qu'elles réparent les dégâts engendrés par l'ionisation due aux rayonnements, jusqu'à une certaine intensité de ceux-ci. Il ne faut donc pas croire que "toute irradiation, même la plus infime, entraîne inévitablement des dégâts irréversibles et cumulables", comme certaines rumeurs le laissent entendre.*

Références

1. SFRP, "La radioactivité dans l'environnement" UNSCEAR et Académie des Sciences.
2. Pr. J. Lafuma, "Rapport N° 34 de l'Académie des Sciences" sur les effets des faibles doses, décembre 1995.
3. EDF, "Maîtriser les déchets" ; décembre 1993.
4. Rapport de l'Académie des Sciences, Enerpresse 24 novembre 1995.
5. Jean-Louis Funck-Brentano, professeur de médecine, membre de l'Académie des Sciences. article du Monde, 30 octobre 1995.
6. NEI Infobank, 1995.
7. EDF, Communiqué NucNet, novembre 1995.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

ENVIRONNEMENT ET REJETS



*“Nous sommes réellement
menacés par l’effet de serre,
c’est maintenant une certitude”.*

La température du Globe a augmenté de 0,4 à 0,6 °C et le niveau de la mer de 10 à 25 cm au cours du XX^e siècle. Elle augmentera de 0,8 à 2,2 °C * durant le siècle prochain, et le niveau de la mer augmentera de 20 à 80 cm, le niveau vraisemblable ("best estimate") augmentant de 50 cm. C'est une affirmation de Bert Bolin, président de l'IPCC (Comité Intergouvernemental sur le Changement Climatique), au 16^e Congrès Mondial de l'Énergie ⁽¹⁾. Le gaz carbonique CO² est le principal responsable de l'accroissement de l'effet de serre. Mais les fuites (estimées à 5%) des réseaux de transport du gaz naturel (méthane) y contribuent aussi fortement.**

- * *La vitesse de déplacement des zones de température pourrait dépasser la vitesse d'adaptation de certaines espèces végétales, ce qui pourrait entraîner leur disparition.*
- ** *L'IPCC estime qu'actuellement déjà, 46 millions de personnes par an courent un risque de submersion. Avec 50 cm d'augmentation, ce seraient 92 millions de personnes qui seraient chaque année menacées. Certaines zones, parmi les plus peuplées et les plus pauvres de la Planète, comme le Bangladesh, pourraient être en grande partie recouvertes, et beaucoup plus menacées de raz-de-marée (les tsunamis sont relativement fréquents dans cette région).*

Répercussions directes sur la santé. Selon certains modèles de calcul, une augmentation de 3 à 5°C* de la température moyenne en 2100 devrait entraîner 50 à 80 millions de cas annuels supplémentaires** de malaria, selon les conclusions du rapport de l'IPCC ⁽¹⁾.

* A comparer aux 0,8 à 2,2°C de l'IPCC.

** Qui s'ajouteraient aux 500 millions de cas actuellement recensés.

L'homme est responsable... Réunis à Rome du 11 au 15 décembre 1995, les représentants de 20 pays industriels ont approuvé ⁽²⁾ une résolution entérinant le rapport des experts de l'IPCC attribuant l'accroissement de l'effet de serre aux activités humaines, malgré une opposition farouche de ... l'OPEP et des États-Unis !

La résolution recommande :

- une meilleure utilisation et une "décarbonisation" des combustibles fossiles,
- l'usage de l'énergie nucléaire *,
- l'usage des énergies renouvelables.

* Cette recommandation s'accompagne d'attentes sur la sûreté et les déchets.

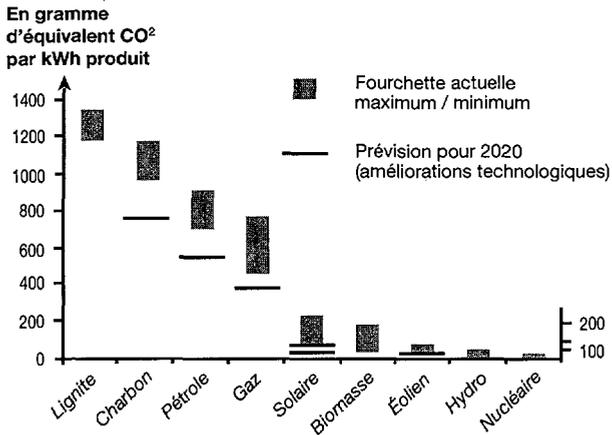
Émissions de gaz carbonique par unité d'énergie produite (en tonne de CO² par tep) ⁽³⁾

Biomasse	0
Énergie solaire	0
Énergie nucléaire	0
Charbon	7,07
Gaz naturel	3,66
Pétrole brut	5,20
Pétrole synthétique	10,19
Gaz synthétique	10,78
Schistes bitumineux	12,61

Émission de CO² par kWh selon la source ⁽⁴⁾ prenant en compte les émissions directes (combustible brûlé) et indirectes (construction, extraction-transport, etc.)

Des progrès technologiques sont attendus d'ici 2020 pour les sources fossiles, mais le nucléaire restera de loin l'option la moins polluante.

Émission totale de gaz à effet de serre selon la source d'énergie



Pour ce qui concerne le photovoltaïque et l'éolien, on doit considérer les émissions de gaz carbonique des moyens de substitution (turbine à gaz ou diesel) indispensables.

Les rejets de CO² augmenteront de 30 à 42% entre 1990 et 2010⁽⁵⁾, selon le scénario retenu (hypothèse haute : croissance suivant l'offre ; hypothèse basse : scénario volontariste), alors que les pays industrialisés s'étaient engagés au Congrès Mondial de l'Énergie de Rio à les maintenir à leur niveau de 1990.

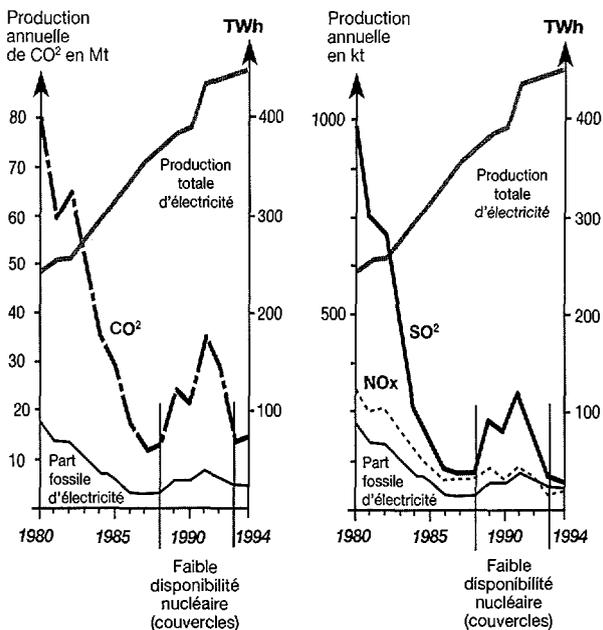
D'ores et déjà, la Commission Européenne prévoit 5% d'augmentation en l'an 2000 ⁽⁶⁾ pour l'Union, malgré la baisse des émissions survenue entre 90 et 93, liée à la baisse de l'activité économique générale.

Les plus gros contributeurs seront les pays en voie de développement, légitimement plus préoccupés de développement que d'environnement. Raison de plus pour que les pays développés, qui maîtrisent le nucléaire, y aient davantage recours. Ce faisant, ils pourraient relâcher la pression sur les prix des combustibles fossiles, seuls susceptibles d'être achetés par les pays en voie de développement.

C'est le gaz naturel, qui contribuera le plus à alimenter l'effet de serre, contrairement à certaines idées reçues, et ce pour deux raisons :

- du fait de l'engouement dont il fait l'objet (augmentation de la consommation de 60% prévue pendant cette période),
- parce que 5% du gaz est perdu pendant le transport par gazoduc (qui peut atteindre plusieurs milliers de kilomètres) ; or à volume égal, le gaz naturel (méthane) a un effet de serre 30 fois plus important que le CO².

CO², SO², NO_x et autres polluants atmosphériques liés à la production d'électricité en France ⁽⁷⁾

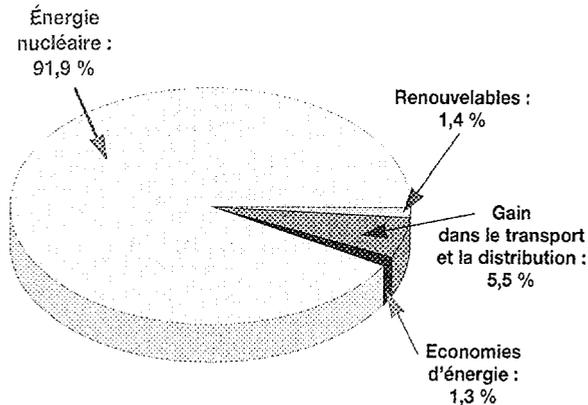


A noter, sur les deux courbes ci-dessus, la remontée de la pollution dans l'intervalle 1988-1993. Cette période correspond à une baisse de la disponibilité du parc nucléaire (traversées de couvertures) donc à un recours plus important aux centrales à combustible fossile : l'effet sur la pollution est immédiat.

Le nucléaire est la seule solution industrielle à la pollution atmosphérique (avec l'hydraulique, lorsqu'il est disponible), compte tenu des immenses besoins futurs en électricité de la Planète. Les énergies renouvelables pourront également y contribuer, lorsqu'elles seront économiques, et disponibles à échelle industrielle (peut-être vers 2030 ?).

Plus de 90% des économies de CO² entre 1973 et 1994 viennent du nucléaire pour ce qui concerne la production d'électricité aux États-Unis ⁽⁶⁾.

Les contributeurs à la réduction de CO² aux États-Unis entre 1973 et 1986



Pour la France, la contribution du nucléaire est importante, mais la politique d'économie d'énergie a été plus volontariste et efficace qu'aux États-Unis.

Piéger le CO² à la cheminée est envisagé. Ce serait l'arme absolue contre l'effet de serre. Mais d'une part ça coûte cher, et d'autre part, la quantité des déchets engendrés serait colossale : le CO² "pèse" 3 fois plus lourd que le carbone (charbon) d'origine, sans compter la masse du produit de neutralisation. Et quoi en faire ?

Écotaxe pour lutter contre l'effet de serre

Un projet d'"Écotaxe" de la Commission Européenne, vise à taxer conjointement l'énergie et les rejets de CO² pour lutter contre l'effet de serre. Si ce projet était adopté, le gaz serait taxé à 9 US\$/tep, le pétrole à 10 US\$/t, le nucléaire et l'hydraulique à 5 US\$/tep, et le charbon à 12 US\$/tep⁽⁹⁾.

Taxer le nucléaire et l'hydraulique pour lutter contre l'effet de serre, c'est taxer les jus de fruits pour lutter contre l'alcoolisme⁽¹⁰⁾!

Comparaison du charbon et du nucléaire ^(11, 12, 13)

	Nucléaire	Charbon
Puissance (en MWe) :	1000	1000
Emprise au sol (en Ha) :	30	70 Ha
Quantités mises en jeu par an :		
Minerai extrait (en milliers de t)	77 (U à 0,2%)	2500
Combustible à stocker : (en tonnes)	30 *	2 millions
Rejets radioactifs : (en homme Sievert)	2,5	4**
Déchets nucléaires (en m ³) :		
- faible et moyenne activité	115	0
- haute activité	2***	0
Déchets conventionnels : (en tonnes)		
- cendres	0	750 000
- CO ²	0	7 millions
- SO ²	0	120 000
- NOx	0	20 000

* Enrichi à 4% en uranium U235.

** Le charbon renferme des matériaux radioactifs qui sont rejetés à la cheminée, ou se retrouvent dans les cendres. Noter qu'au demeurant, ni 2,5 ni même 4 homme-Sievert, dilués à la cheminée, ne représentent aucun danger particulier.

*** 2 m³ avec retraitement, mais 30 m³ en "stockage direct".

S'ils avaient été produits à partir de charbon, les 342 TWh d'électricité nucléaire produits par la France en 1994 auraient nécessité :

- 120 millions de tonnes de charbon à extraire, puis à transporter, et à stocker,
- 250 millions de tonnes de CO² à rejeter dans l'atmosphère.

Une tranche nucléaire de 1300 MWe fonctionnant à 35 000 MWj/t, et avec une disponibilité de 80%, produit annuellement ⁽¹⁴⁾ :

- 9 milliards de kWh (de quoi alimenter un million de Français, tous besoins industriels et domestiques confondus),
- 33 tonnes d'uranium, encore enrichi à 0,9% d'U235 *,
- 360 kg de plutonium*,
- 14 kg de neptunium,
- 12 kg d'americium,
- 1 kg de curium,
- 1200 kg de produits de fission.

* *soit 97% de matériaux valorisables, et valorisés avec le retraitement.*

Zéro CO² (ou presque) : "Même compte-tenu des émissions de CO² (dues aux transports en particulier) lors de la construction et du traitement du combustible, une centrale nucléaire est responsable de moins du trentième* du gaz carbonique produit par une centrale au charbon" ⁽¹⁵⁾

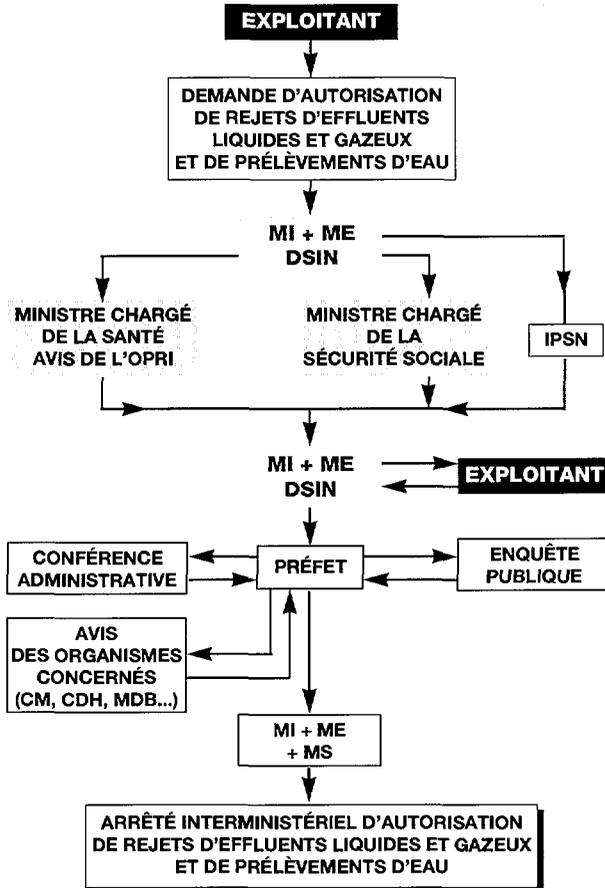
* *Besoins supposés couverts au Japon par de l'énergie fossile ; en France, ce serait pratiquement zéro.*

Zones d'exclusion : La construction de grands barrages crée des zones d'exclusion parfois importantes, souvent supérieures à celle de Tchernobyl ⁽¹¹⁾ :

- Tchernobyl (ex-URSS) 2800 km²
- Assouan (Egypte) 5000 km²
- Kariba (Zimbabwe) 5000 km²
- Akosombo (Ghana) 8500 km²

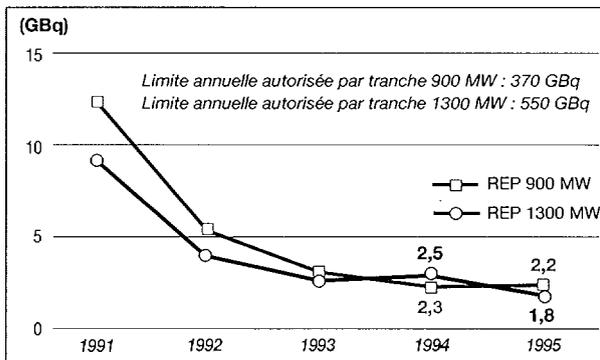
Sans parler du barrage projeté des "Trois gorges", en Chine, à l'emplacement duquel vivent actuellement quelque 1,2 million d'habitants ... qu'il faudra déplacer !

Procédures d'autorisation de rejets ⁽¹⁶⁾

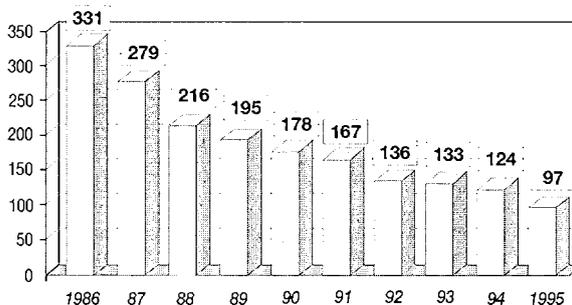


MI : Ministère de l'Industrie ME : Ministère de l'Environnement MS : Ministère de la Santé

Rejets radioactifs des tranches françaises ⁽¹⁷⁾,
 en GBq, la limite réglementaire étant 370 GBq
 pour une tranche 900 MWe, et 550 GBq pour
 une tranche 1300 MWe.



**Volume de déchets solides conditionnés de faible
 activité, en m³ par tranche et par an ⁽¹⁷⁾.**



Une amélioration continue de l'exploitation du parc nucléaire, qui se traduit par moins de déchets solides et liquides, une disponibilité accrue (au dessus de 80% pour l'ensemble du parc et pour les trois dernières années de 1993 à 1995).

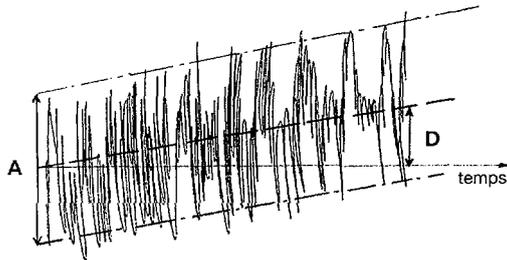


Illustration (fictive) des variations climatiques :

C'est la dérive **D** de la température sur le long terme qui caractérise l'évolution du climat. Elle est très faible (quelques degrés Celcius), comparée à l'amplitude **A** moyenne de la variation hiver-été, qui atteint facilement 50°C dans nos climats "tempérés".

Pour évaluer les dangers potentiellement liés à l'effet de serre, il faut savoir qu'entre la température moyenne actuelle et une glaciation, ou une "tropicalisation", **la dérive D n'est que de 3°C à 5°C en moins ou en plus.**

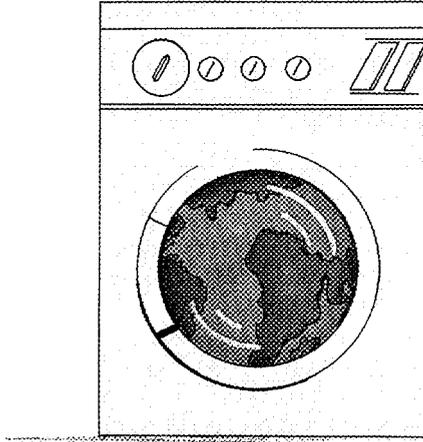
Les énergies renouvelables auront leurs inconvénients. "Ne croyez pas que les problèmes de santé vont se résoudre parce que la source d'énergie est renouvelable. Ce qui peut paraître inoffensif à petite échelle deviendra un problème à grande échelle, sans exception" ⁽¹⁸⁾.

Références

1. 16ème Congrès Mondial de l'Énergie, Tokyo, octobre 1995.
2. Rapport IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) du Sommet de Rome, décembre 1995.
3. IFP, Conférence "Signaux du Futur", Paris, décembre 1993.
4. G. C. van Uiter, J. F. van de Vate, et P. Lako : "Greenhouse gas emissions resulting from electricity production", NEW janvier 1996.
5. Agence Internationale de l'Énergie : "World Energy Outlook" 1995
6. Rapport de la Commission, EC Energy Monthly, 19 avril 1996.
7. EDF, Répertoire des visuels, 1995.
8. NEI Infobank 1995.
9. Projet d'Ecotaxe par la Commission Européenne.
10. D. Strauss-Kahn, ministre français de l'Industrie (1988)
11. GE. "Nuclear Power Quick Reference", 5ème édition.
12. AIEA
13. Conférence du Carrousel du Louvre, juin 1995.
14. CEA, "La chimie et l'aval du cycle", conférence de presse, 20 octobre 1995
15. Sho Nasu, président de TEPCO, à la Conférence Mondiale de l'Énergie, Nucleonics Week, octobre 1995.
16. DSIN, "Contrôle" août 1995.
17. EDF, Rapport d'exploitation, 1995.
18. Pr. Gunnar Walinder, biologiste suédois, membre de l'UNSCEAR.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

RETRAITEMENT

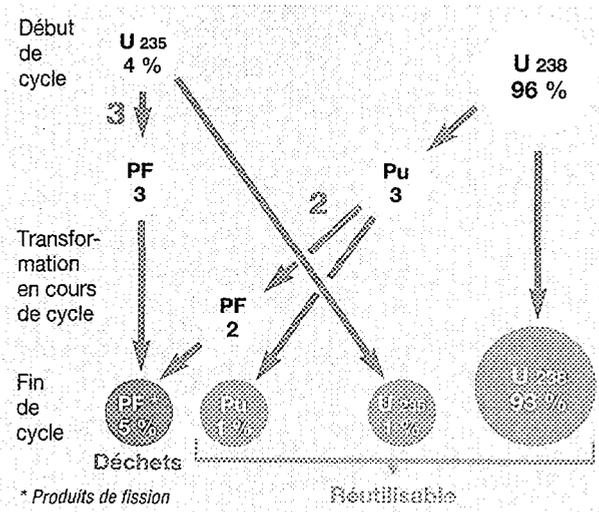


*“Le principe du recyclage
appliqué au nucléaire, conduit
à économiser la matière
première, et à réduire le volume
et la toxicité des déchets” .*

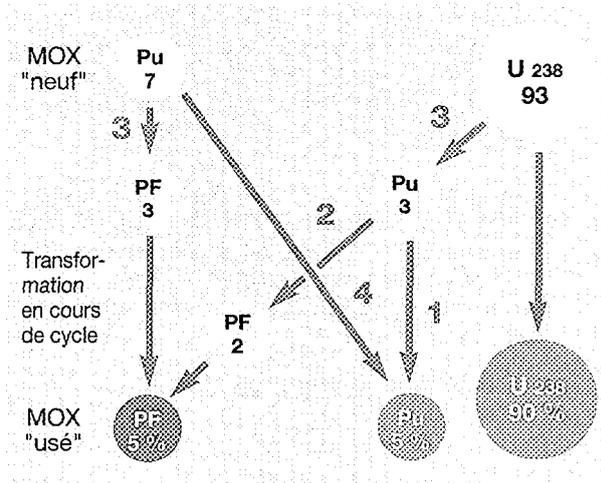
Récupérer. Le retraitement évite le stockage "haute activité" de 97% du combustible, et permet de réutiliser directement deux tiers de la valeur énergétique du combustible "usé" après trois ans d'utilisation dans le cœur du réacteur. Il correspond à la politique de recyclage des déchets exigée dans tous les domaines par une directive communautaire ⁽¹⁾. Dans un réacteur à neutrons rapides, c'est pratiquement 97% qui seraient réutilisés.

Quelles transformations dans le cœur pendant le fonctionnement du réacteur ? ⁽²⁾

Transformation dans un assemblage AFA pendant son séjour dans le réacteur (taux de combustion : 45 000 MWj/tU)



Transformation dans un assemblage MOX pendant son séjour dans le réacteur (taux de combustion : 45 000 MWj/tU).



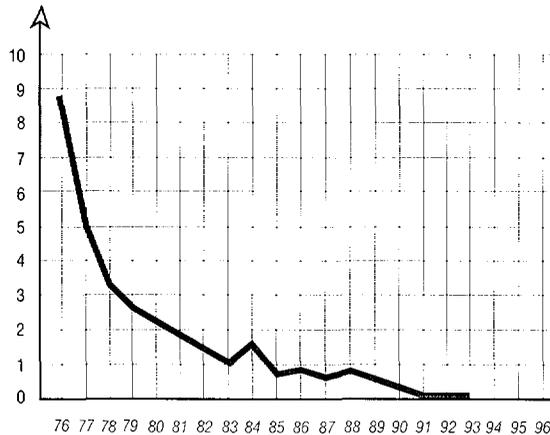
Pendant leurs trois ans de séjour dans le cœur, le combustible à uranium enrichi et le combustible à oxyde mixte subissent des transformations. Mais, comme le montrent les schémas, dans les deux cas, 95% de la matière est encore théoriquement réutilisable "à la sortie". En fait, la composition isotopique du plutonium se dégrade, et le Mox ne peut subir, actuellement, qu'un recyclage, au mieux.

1 gramme de plutonium = 1 tonne de pétrole ⁽²⁾ en termes d'énergie thermique.

Volume et toxicité réduits. "Comparé au stockage direct du combustible, le retraitement réduit la toxicité, et le niveau des radiations des déchets ; ... (il réduit aussi de) huit fois le volume, et (de) deux fois la chaleur résiduelle, et réduirait donc considérablement le volume de stockage" ⁽³⁾.

Si 4 assemblages usés sont stockés en direct, ils renferment 15 à 20 kg de plutonium ; si on les retraite, tous leurs résidus tiennent dans un fût métallique de 50 cm de diamètre, et ne contiennent plus que 15 à 20 grammes de plutonium ⁽⁴⁾.

Rejets de l'usine de la Hague, exprimés en mSv/GWe.an



Rejets de l'usine de la Hague. Les rejets des deux usines UP2 et UP3 engendrés par leur fonctionnement normal et leurs besoins de maintenance :

- se situent à moins de 10% de la radioactivité globale locale,
- correspondent à moins de 10% des quantités limites autorisées par la CIPR ⁽⁴⁾.

Références

1. *Directive CEE du 18 mars 1991, article 4.*
2. *Cogema*
3. *ANS Nuclear News, février 1984 (GE. "Nuclear Power Quick Reference", 5ème édition).*
4. *Cogema "Back-end of the fuel cycle ; situation and perspectives", Bruxelles 1995. Nuclear materials reprocessing and recycling, mai 1994.*

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

TRANSPORT DES MATÉRIELS RADIOACTIFS



*“Un bilan irréprochable
depuis plus de 20 ans.
Des précautions et une gestion
exemplaires pour l’industrie
dans son ensemble”.*

Organisation et planification caractérisent tout ce qui touche aux déchets radioactifs. À la production, les déchets sont identifiés par nature et quantité, et par colis (code-barre). Ils sont à nouveau identifiés, et le contenu vérifié à l'arrivée sur le lieu de stockage. Le personnel, mais aussi les conteneurs et les véhicules sont qualifiés.

Transports. Environ 400 camions et autant de wagons ferroviaires transportent en France chaque année 20 000 m³ de déchets radioactifs. En France depuis 10 ans, plus de 6000 transports de colis "radioactifs", par route et par chemin de fer : 5 incidents, aucun problème ⁽¹⁾.

30 millions de km en 25 ans sans la moindre fuite de radioactivité : c'est le bilan mondial des transports de colis radioactifs ⁽²⁾.

Les "châteaux de plomb" destinés au transport du combustible usé ont été testés et qualifiés pour conserver leur étanchéité et leur résistance mécanique après avoir subi successivement :

- une chute de 9 m sur un sol bétonné ;
- une chute sur un poinçon métallique ;
- un incendie d'une demi-heure à 800 °C ;
- une immersion pendant 8 heures sous 200 m d'eau (profondeur moyenne du plateau continental) ⁽¹⁾.

Lors d'un test en Angleterre, un château de plomb a conservé son étanchéité et son intégrité mécanique après avoir été percuté par une locomotive lancée à 160 km/h (laquelle a été totalement détruite) ⁽³⁾.

Une autre série de tests a été faite en 1977 aux États-Unis. Un château de plomb monté sur un camion a été lancé sur un mur de béton à 100 km/h ; récupéré pratiquement intact, il a été lancé dans les mêmes conditions à 130 km/h ; à peine égratigné, il a alors été percuté en plein travers par une locomotive lancée à 130 km/h : le château a été abîmé en surface, mais il a conservé son intégrité et son étanchéité ⁽⁴⁾.

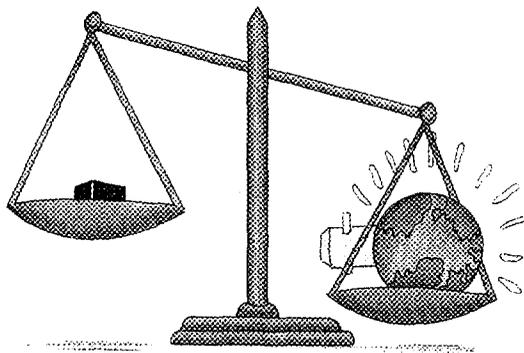
"Il y a plus de colis immédiatement dangereux (que les colis radioactifs) qui sont transportés quotidiennement par route, chemin de fer ou par mer avec moins de précautions et de rigueur"⁽⁵⁾.

Références

1. ANDRA "Une logique de sécurité".
2. NucNet, 3 mai 1996.
3. BNFL, *British Atomic Forum*.
4. GE, "Nuclear Power Quick Reference", 5ème édition.
5. *Loyds List International (journal indépendant sur les transports)*.

**NEXT PAGE(S)
left BLANK**

DÉCHETS



*“Un volume faible ;
une sécurité satisfaisante”.*

Tous les déchets radioactifs français * sont gérés par l'ANDRA (Agence Nationale pour les Déchets Radioactifs) **.

** Autres que les déchets très faiblement radioactifs (TFA) résultants en particulier de l'exploitation des mines, pour lesquels il n'a pas encore été statué.*

*** Certains d'entre eux sont provisoirement gérés par le CEA ou Cogema pour une durée déterminée.*

Total des déchets radioactifs en France en l'an 2000 (1) :

- 800 000 m³ de faible activité,
- 45 000 m³ de moyenne activité,
- 3000 m³ de haute activité (le volume d'une piscine olympique).

Déchets de faible activité. Volume annuel moyen par tranche : 97 m³. Ils sont essentiellement constitués de gants, surbottes, résines, filtres, concentrats d'évaporation, et petit outillage contaminé ⁽¹⁾.

Soulaisne accueillera tous les déchets de faible activité jusqu'en 2040 sur 100 ha. Ces déchets, dont 95% en volume sont dûs à l'électronucléaire, sont embétonnés dans des colis répertoriés par un code barre indiquant en détail leur contenu, leur provenance, etc.

Ils ont été stockés jusqu'en 1991 à la Hague (un site aujourd'hui saturé) et depuis à Soulaisne. Celui-ci, couvrant 100 ha (1 km X 1 km), peut accueillir 1 million de m³, soit tous les déchets de faible activité produits en France, non seulement électronucléaires, mais aussi médicaux et industriels, depuis 1991 jusqu'en 2040.

Le temps nécessaire à diviser par 2 leur radioactivité, ou période radioactive, est inférieur à 30 ans. Leur radioactivité sera ainsi divisée par 1000 dans 300 ans, époque à laquelle ils seront parfaitement inoffensifs.

Les carrières sous Paris sont "suivies" depuis le XVIIIème siècle : 300 ans ne représentent donc pas une novation, ni un horizon déraisonnable.

- Déchets à vie longue.** La loi du 30 décembre 1991 sur les déchets hautement radioactifs fixe trois axes de recherche, pour un budget total de 12 milliards de francs, étalé sur 10 ans :
- étude du stockage en profondeur,
 - réduction de la toxicité et de la durée de vie,
 - amélioration du confinement.

Les déchets à vie longue, de très forte activité constituent 110 m³ par an pour l'ensemble des 54 tranches nucléaires françaises, en contrepartie de 350 milliards de kilowattheures : ils ne représentent que 1% du volume des déchets nucléaires, mais concentrent 98% de la radioactivité totale ⁽²⁾. Ce sont les déchets extraits des 850 tonnes du combustible usé, lors du retraitement.

S'ils sont retraités, l'activité α (la seule nuisible à long terme) restant dans les déchets est comparable après 7000 ans à celle de l'uranium naturel (contre 200 000 ans sans retraitement) dans l'état actuel de la technique industrielle de retraitement ⁽²⁾.

Les laboratoires souterrains vont être installés pour vérifier sur place la composition et l'épaisseur des couches géologiques détectées depuis la surface, leur imperméabilité, leur conductivité thermique, et tous les paramètres dont la connaissance précise permettra à coup sûr la construction éventuelle d'un stockage souterrain adéquat.

Quatre sites ont été sélectionnés, pour leur bonne géologie potentielle, et l'acceptation de la population locale. Trois ont été retenus en 1996 pour l'implantation d'un laboratoire.

La provision pour retraitement et stockage des déchets issus du combustible utilisé dans les centrales EDF atteint 100 milliards de francs fin 1994 ⁽³⁾.

EDF devrait investir cette somme sur le marché pour pouvoir désinvestir le moment venu.

"Les déchets hautement radioactifs produits en France (produits de fission, plutonium et actinides) représentent 1 gramme par habitant et par an. Par contraste avec les autres déchets – 90 kg annuels de déchets chimiques toxiques d'origines très diverses – ils ne posent pas de problème de flux, de masse, ni de volume – ni de gestion, puisque d'origine unique – mais seulement de radioactivité... et de dégagement de chaleur".

"En retirant initialement un faible nombre de produits (comme l'américium), et en profitant de la décroissance naturelle, on aboutit au bout de 1000 ans à la radioactivité de l'uranium naturel." Une fois les déchets enterrés dans du granit à 800 mètres sous terre, rien ne peut remonter avant 10 000 ans. Ce qui pourrait éventuellement remonter alors est 1000 à 10 000 fois moins élevé que le niveau radioactif de l'uranium (métal) naturel" ⁽³⁾, c'est-à-dire au niveau radioactif du minerai d'uranium.

Vis-à-vis de la santé, le problème du stockage des déchets chimiques toxiques est le même, sauf pour :

- la toxicité, constante dans le temps,
- le volume, 90 000 fois plus important, et
- la gestion, plus complexe puisqu'ils proviennent de plusieurs centaines de producteurs disparates.

Une décharge nucléaire sauvage ! A Oklo, au Gabon, un minerai d'uranium particulièrement riche a subi il y a deux milliards d'années au contact de l'eau une réaction nucléaire absolument comparable à celle qui a lieu dans nos réacteurs actuels. Les études géologiques minutieuses effectuées sur le site confirment que les 6 tonnes de produits de fission, et 2 tonnes d'actinides résultants, ont, malgré l'absence de confinement artificiel, migré de moins d'un mètre... en 2 000 000 000 années ! Cet exemple "naturel" ... et avec recul, confirme que le retour à la biosphère de déchets spécialement confinés entre 600 et 800 mètres de profondeur est un risque acceptable.

Les déchets vitrifiés sont parfaitement inertes. Si on les stocke à grande profondeur, c'est pour intercaler entre les déchets et la biosphère une barrière quasi-infranchissable, et non par crainte d'une explosion, impossible physiquement.

Toxicité du plutonium. Oui, le plutonium est toxique, au même titre que beaucoup d'autres toxiques plus répandus, ... et beaucoup plus facilement accessibles.
"Si 300 g de plutonium (en poudre) étaient répandus dans un bassin de stockage d'eau potable, la presque totalité tomberait (densité supérieure à 20 kg/dm³) et resterait prisonnière des sédiments. Seulement 3 mg seraient dissous dans l'eau à boire, et ne provoqueraient aucun cancer additionnel" ⁽⁴⁾.

Toxicité n'est pas synonyme d'accident. Nous avons tous entendu : "Avec un gramme de plutonium, on peut tuer plus de mille personnes, donc avec les X kilogrammes contenus dans tel transport, on pourrait en tuer plusieurs millions". De telles affirmations ne sont pas très sérieuses. Pour parvenir à un tel résultat, il faudrait distribuer à chaque sujet juste la dose de plutonium, dûment pulvérisé, et le prier de le respirer bien à fond. Mais pas plus que la dose, car sinon on ne pourrait pas "servir" tout le monde ! Il faudrait ensuite attendre une vingtaine d'années, en se gardant bien d'intervenir ni de soigner les malades.

Avec un raisonnement pareil, il existe dans n'importe quel supermarché suffisamment de produits toxiques (produits de nettoyage, pesticides et autres produits chimiques) pour tuer par empoisonnement tout un département. Il suffit pour cela que chaque individu en absorbe juste ce qu'il faut pour mourir ⁽⁵⁾.

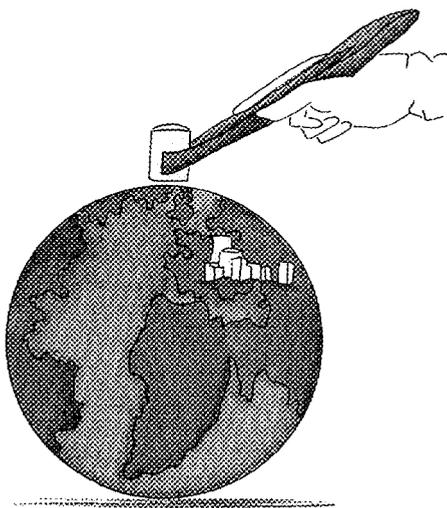
Lors du "crash" de Palomares (Espagne) en 1966, un bombardier nucléaire américain s'est écrasé, et le plutonium contenu dans deux bombes atomiques a été dispersé sur 50 hectares par l'explosion de charges de TNT. Après décontamination, la concentration de Pu dans l'air ne dépassait pas celle due aux retombées des essais atomiques aériens des années 60, et tous les tests d'absorption de plutonium auxquels ont été soumis les habitants se sont révélés négatifs ⁽⁵⁾.

Not in your backyard ? Beaucoup d'Anglais possèdent un "jardinnet" de 400 m². S'ils creusaient leur jardin sur un mètre, chacun récolterait en moyenne 6 kg de thorium, 2 kg d'uranium, 7 tonnes de potassium, autant de matériaux radioactifs laissés par le Bon Dieu lors de la création de notre planète ⁽⁶⁾.

Références

1. EDF, "Répertoire des visuels" 1995.
2. J. P. Laurent, Cogema, Colloque SFEN du 8 juin 1995
3. B. Estève, Conférence EDF du Carrousel du Louvre, juin 1995.
4. William Sutcliffe, physicien au laboratoire national Lawrence de Californie. (Herald Tribune, 9 mars 1996).
5. GE, "Nuclear Power Quick Reference", 5ème édition.
6. Lord Marshall of Goring, conférence ENC, Lyon 1994. Rappelons que l'uranium et le thorium existent dans la croûte terrestre en moyenne respectivement à 4 g/tonne et 12 g/tonne⁽⁷⁾.
7. "Clefs CEA", N°31.

DÉMANTÈLEMENT



*“Une technologie
déjà maîtrisée,
mais encore largement
perfectible”.*

Les trois niveaux AIEA : L'AIEA a défini trois niveaux de démantèlement * :

- **Niveau 1** : enlèvement du combustible (99% de la radioactivité est du même coup retirée). Il intervient deux ans après l'arrêt.
- **Niveau 2** : démolition et enlèvement des bâtiments et de leur contenu non radioactif, à l'exception de l'enceinte de confinement et du bâtiment combustible, dans lesquels on a rentré les quelques matériels radioactifs qui se trouvaient dans les autres bâtiments. Il intervient 5 à 10 ans après l'arrêt.
- **Niveau 3** : après décroissance radioactive, démantèlement et enlèvement des deux derniers bâtiments et de leur contenu. Il intervient 7 à 50 ans après l'arrêt, selon le meilleur compromis choisi entre un maximum de décroissance qui facilite le travail et permettra de bénéficier de futures avancées technologiques (robotique), et la hâte de retrouver "le gazon" !

* *La politique française en matière de démantèlement n'a pas encore été totalement arrêtée.*

Exemples : Plusieurs centrales ont déjà été entièrement démantelées, dont Chinon A1 en France (transformée en musée), Shippingport aux États-Unis, Windscale en Angleterre. Plusieurs autres sont en cours de démantèlement, dont Chinon A2 (niveau 2), Chinon A3, St-Laurent A, Bugey 1, EL 4, en France, Niederaichbach et Gundremmingen A, en Allemagne ⁽¹⁾.

Le coût de démantèlement complet d'une tranche est estimé par EDF à la moitié du coût de construction de l'îlot nucléaire. Il entre à hauteur de 0,9 cF * dans le prix du kWh facturé par EDF. La provision ainsi cumulée fin 1994 s'élève à 30 milliards de Francs (sachant que l'horizon des démantèlements est encore éloigné) ⁽²⁾. EDF doit investir sur le marché pour pouvoir "réaliser" les sommes nécessaires le moment venu.

* *Mais EDF vend chaque année 340 milliards de kWh nucléaires !*

En termes de déchets de très faible activité (TFA), le démantèlement de niveaux 2 et 3 de l'ensemble du parc EDF produira :

- 1,3 million de m³ de déchets d'activité comprise entre 1 et 100 Bq/gramme, *
- 10 millions de m³ de déchets d'activité inférieure à 1 Bq/gramme ^(3,4).

* *1 Bq/gramme représente l'activité naturelle des briques et de certains plâtres ⁽⁴⁾.*

Références

1. EDF, *"Le démantèlement des centrales électro-nucléaires en France"*, 1995.
2. EDF, *"Les déchets nucléaires en questions"*, 1995.
3. EDF, Laurent Stricker, *Conférence du Carrousel du Louvre, juin 1995*.
4. SFRP, *Plaquette "Becquerel et radioactivité d'origine naturelle"*.

REP ET NON-PROLIFÉRATION



*“Un danger réel,
mais des contrôles
internationaux efficaces”.*

L'exportation seulement. La préoccupation de non-prolifération ne concerne en fait que le danger éventuellement lié aux exportations, puisque la France est déjà une puissance militaire nucléaire. Cette préoccupation est liée au danger de détournement éventuel d'uranium ou de plutonium contenu dans les assemblages de combustible.

Contrôles par l'Agence de Vienne. C'est l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) de Vienne qui est mandatée par l'ONU pour surveiller le fonctionnement de tous les réacteurs dans les pays ayant signé le Traité de Non Prolifération (TNP). Les Accords de Londres entre pays exportateurs n'autorisent l'exportation de réacteurs et de combustible que vers des pays ayant signé le TNP. L'Agence est en outre chargée d'assurer le contrôle de tous les colis de combustible.

Des systèmes de surveillance extrêmement sophistiqués installés dans les centrales préviennent l'Agence en cas de fonctionnement suspect.

Outre les contraintes ci-dessus, tout contrat d'exportation par Framatome est soumis à l'autorisation du ministère des Affaires Étrangères avant sa mise en vigueur.

Le REP est un "mauvais réacteur proliférant".

L'uranium des assemblages neufs est enrichi à 4% en U^{235} , alors que l'uranium "militaire" doit être enrichi à plus de 90%. Il n'est donc pas "proliférant".

Le plutonium est produit au fur et à mesure du bombardement neutronique du combustible à uranium en fonctionnement (voir les schémas du Chapitre VIII). Pour être de qualité "militaire" (proportion isotopique optimale), le plutonium doit être extrait d'assemblages n'ayant séjourné que quelques jours dans le réacteur. Encore faut-il posséder une usine très complexe de séparation. Compte tenu de la complexité des opérations de déchargement dans un REP (arrêt du réacteur, baisse de la température et de la pression, ouverture du couvercle, remplissage de la piscine, etc.), il est clair qu'une telle opération ne peut passer inaperçue des contrôleurs de l'AIEA.

Ainsi, outre son prix élevé, le REP n'est pas un outil idéal pour ce genre d'activité.

En 30 ans d'exploitation dans 25 pays, les réacteurs à eau légère n'ont du reste jamais été à l'origine d'activité proliférante. En revanche, **les réacteurs modérés à l'eau lourde, ou au graphite sont potentiellement beaucoup plus dangereux** à cet égard, du fait de leur possibilité de chargement-déchargement en marche.

Le Mox est non-proliférant. Un réacteur REP chargé à 30% en combustible à oxyde mixte d'uranium et de plutonium (Mox) consomme autant de Pu qu'il n'en produit ("zéro plutonium").

En outre, il dégrade la composition isotopique du Pu, le rendant inapte à fabriquer une arme.

Chargé à plus de 30% en Mox, un réacteur REP brûle plus de plutonium qu'on ne lui en a chargé (voir les schémas du Chapitre VIII). Il diminue donc l'inventaire de plutonium ⁽¹⁾.

La réexportation sous forme de Mox du plutonium extrait lors du retraitement exclut pratiquement la possibilité de son emploi par le pays client pour autre chose que la fabrication d'électricité.

Garder la tête froide. Quels que soient les mérites du REP et de son mode d'exploitation, la vigilance contre la prolifération nucléaire ne doit pas se relâcher.

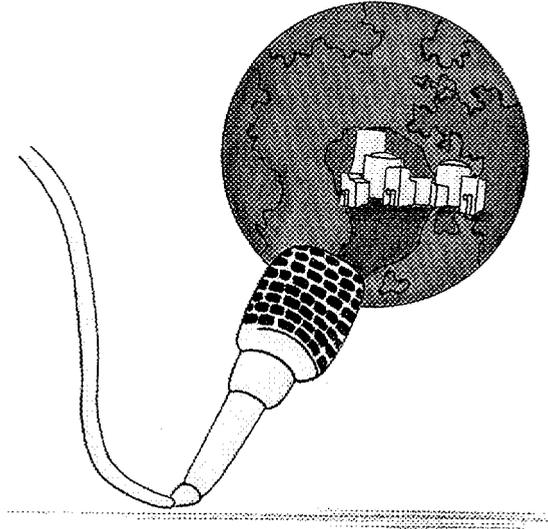
Cependant, il ne faut pas se laisser ombrager par les dangers de la prolifération nucléaire. Rester vigilant, oui, mais ramener les choses à leurs justes proportions : la fabrication d'armes chimiques ou bactériologiques par des groupes ou des pays malintentionnés requiert des technologies très élémentaires, et des moyens infiniment moins chers, plus simples et ... plus discrets.

Les dégâts liés à leur utilisation sont cependant tout aussi désastreux.

Références

1. Cogema, "Back-end of the fuel cycle: situation and perspectives", Bruxelles 1995. *Nuclear materials reprocessing and recycling*, mai 1994.

OPINION PUBLIQUE ET NUCLÉAIRE



*“En France, le public est
généralement favorable
au nucléaire.*

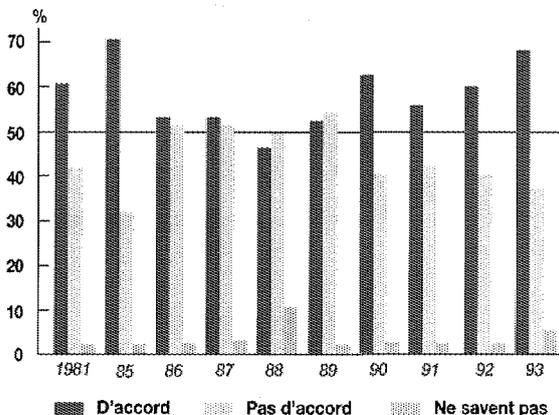
*Mais il existe des idées reçues,
et beaucoup d’adversaires
résolus”.*

L'opinion des Français à l'égard du nucléaire ⁽¹⁾.

L'adhésion au nucléaire retrouve en 1994 ses scores d'avant l'accident de Tchernobyl. Effectuées tous les ans depuis plus de 20 ans pour suivre l'évolution de l'opinion, plusieurs enquêtes montrent que les Français sont généralement d'accord avec le programme nucléaire national.

92% des Français pensent que le nucléaire jouera à l'avenir un rôle important ⁽²⁾.

Deux tiers sont d'accord pour maintenir à 75% nucléaire la production d'électricité ⁽³⁾.



Ce pourcentage a baissé de 5 points lors du sondage effectué en décembre 1995, une baisse qui peut s'expliquer par la campagne d'essais nucléaire militaire, et par les grèves qui affectaient alors la France.

Les préoccupations des Français. Parmi les inquiétudes majeures des Français, on trouve (dans l'ordre) les centrales nucléaires, à égalité avec la pollution des rivières (20%), les déchets radioactifs (18%), puis la destruction des forêts (11%). Tchernobyl (57%) *, et les déchets (28%) sont considérés comme les deux obstacles majeurs à l'acceptation du nucléaire par les Français.

* *Cependant les Français considèrent leurs centrales beaucoup plus sûres que Tchernobyl (75%), et considèrent à 68% leur conception différente de celle de Tchernobyl (4). Cette inquiétude semble donc motivée par le nucléaire à l'Est.*

En matière de compétence, les scientifiques, EDF et le CEA recueillent de bonnes opinions (resp. 84%, 81%, 77%) en 1994, en légère croissance régulière depuis 1990. Les écologistes sont au plus bas de l'échelle (26%) ⁽²⁾.

Le solaire est toujours favori dans les sondages (on retrouve des chiffres analogues depuis 10 ans) : 45% des Français veulent le développer en priorité. Il viendrait en second (18%) derrière le nucléaire (53%) pour assurer le rôle le plus important en l'an 2000. Il est donné comme l'énergie la moins chère * par 25%, devant le gaz (24%) et le nucléaire (12%).

66% pensent que le solaire est l'énergie la moins nuisible pour l'environnement ⁽⁴⁾.

* *Sans doute faut-il expliquer au public que même si le "combustible solaire" est gratuit, la fabrication des cellules est très chère, pour une faible quantité d'énergie produite, donc l'amortissement de l'investissement grève énormément le prix du kWh, jusqu'à le rendre 20 fois plus cher. L'explication ressort clairement du schéma au Chapitre 1.*

L'opinion dans les autres pays :

Pollution. En termes de dégâts sur l'environnement, une enquête effectuée dans les 12 pays de la Communauté *, révèle que les sources d'énergie considérées comme les moins polluantes sont, dans l'ordre :

- les renouvelables (env. 61%),
- le gaz (env. 18%),
- le charbon et le nucléaire (env. 5%),
- et enfin le pétrole (env. 3%).

Ces chiffres varient souvent d'un pays à l'autre, mais sont stables entre 1987 et 1993 ⁽⁵⁾.

Aux États-Unis, où seules les énergies "classiques" étaient proposées aux personnes interrogées en 1991, les énergies considérées les moins polluantes étaient, dans l'ordre,

- le gaz (61%),
- le nucléaire (15%),
- puis le charbon et le pétrole (5%) ⁽⁶⁾.

* *Avant élargissement à 15 pays.*

L'énergie du futur. Le nucléaire et le solaire sont donnés favoris pour le futur dans la plupart des grands pays :

USA : 25%, 17%.
Japon : 51%, 23%.
Allemagne : 59%, 53%*.
France : 48%, 24%⁽⁶⁾.

* *choix multiple.*

Le progrès ? À la fin du XIXème siècle, la polémique autour du projet de tout-à-l'égout pour Paris a duré plus de 20 ans, malgré la preuve tangible de progrès d'hygiène apportée par plusieurs grandes villes déjà équipées. Plusieurs scientifiques éminents parmi lesquels Louis Pasteur s'y sont résolument opposés : ils évaluaient très honnêtement les risques liés au tout-à-l'égout (concentration de germes, etc.), et oubliaient les risques du non-tout-à-l'égout !⁽⁷⁾.

C'est le raisonnement que font la plupart des opposants de bonne foi au nucléaire.

Notre communication avec le public. Le public est clairement préoccupé par le stockage des déchets en général, et radioactifs en particulier. Il nous faut insister sur :

- **La gestion rigoureuse** : tous les sites producteurs, le contenu des colis, les colis eux-mêmes, les itinéraires, les transporteurs, sont parfaitement qualifiés, identifiés, suivis, et gérés, et contrôlés.

- **Le faible volume** : l'ensemble des déchets nucléaires représente 90 fois moins que les déchets toxiques chimiques, et seulement 1/90.000ième pour les déchets à vie longue.

- **La décroissance** : 95% des déchets nucléaires seront absolument inoffensifs dans 300 ans.

Les 5% restants, une fois la transmutation parvenue au stade industriel, et les déchets stockés en profondeur, ne pourront pas revenir à la surface avant d'être devenus inoffensifs, c'est-à-dire à un niveau de radioactivité nettement inférieur à celui de l'uranium naturel.

En outre, l'exemple d'Oklo, au Gabon, démontre que des déchets absolument comparables n'ont "migré" que de quelques dizaines de centimètres en 2 milliards d'années, alors qu'ils baignaient fatalement dans l'eau lors de leur formation, et que le terrain n'avait pas fait l'objet d'une sélection minutieuse !

Éviter les fantasmes : expliquer que les centrales électronucléaires, pas plus que les déchets radioactifs, ne peuvent exploser comme une bombe.

On se protège de la radioactivité par des barrières (quelques mètres d'éloignement sont généralement suffisants pour écarter tout danger), et le danger lié à la contamination s'apparente à la toxicité des matériaux chimiques : ne pas en manger, ni en respirer, ni les toucher.

Références

1. "Crédoc" jusqu'en 1991, "Faits et opinion" au delà.
2. Enquêtes EDF "Faits et opinion".
3. Enquêtes "Crédoc".
4. Baromètre nucléaire, juin 1995.
5. Eurobaromètre 1994 (Commission Européenne).
6. Uranium Institute "Public opinion international comparison", 1995.
7. Maurice Tubiana, Professeur de médecine, membre de l'Académie des Sciences, ancien directeur de l'Institut Gustave Roussy (cancérologie) de Villejuif, président du Comité des experts oncologues européens. *Revue Générale Nucléaire* N°5, 1987.

Édité par la Direction de la Communication
Rédaction : A. de TONNAC
Création : HORIZONS – Exécution : FRAMATOME SMGM

Imp. MÉTAIS s.a. - 95110 SANNOIS

LE NUCLÉAIRE ...

- **protège contre l'augmentation de l'effet de serre (pas de CO²),**
- **n'engendre aucun polluant atmosphérique (NO_x, SO², poussières, etc.),**
- **dégage moins de 0,1% de la radioactivité moyenne reçue par l'homme,**
- **représente seulement 1/90ème* des déchets toxiques,**
* dont plus de 95% seront inactifs après 300 ans.
- **n'a fait ni mort, ni blessé en 30 ans d'exploitation (sauf en URSS),**
- **a doublé l'indépendance énergétique française,**
- **évite l'épuisement des ressources fossiles,**
- **produit une électricité compétitive,**
- **procure 400 000 emplois directs en Europe dans une technologie "de pointe",**
- **rapporte à la France 30 milliards de Francs, chaque année, à l'exportation.**

**... SÛR, ÉCONOMIQUE,
ÉCOLOGIQUE.**