



# L'énergie

**L**e recours au nucléaire et les efforts de maîtrise de l'énergie ont permis, ces dernières années, de réduire les émissions polluantes issues des combustibles fossiles, dioxyde de carbone et oxydes de soufre. Mais la question du stockage des déchets radioactifs à vie longue n'est pas réglée et des recherches sont en cours pour statuer sur leur devenir.

Les années 1992 et 1993 ont été marquées par les débats sur l'avenir énergétique, le

rôle du surgénérateur Superphénix et l'émergence d'un nouveau concept, la maîtrise de la demande d'électricité, qui sera développé dans le cadre d'un accord entre l'Ademe et EDF.

Dans le contexte du débat sur l'effet de serre, les propriétés de l'énergie nucléaire et du gaz naturel sont mises en avant, tandis que l'utilisation des énergies renouvelables reste modeste, malgré des efforts accomplis pour la promotion de la filière bois.

## 1 PRODUCTION ET CONSOMMATION

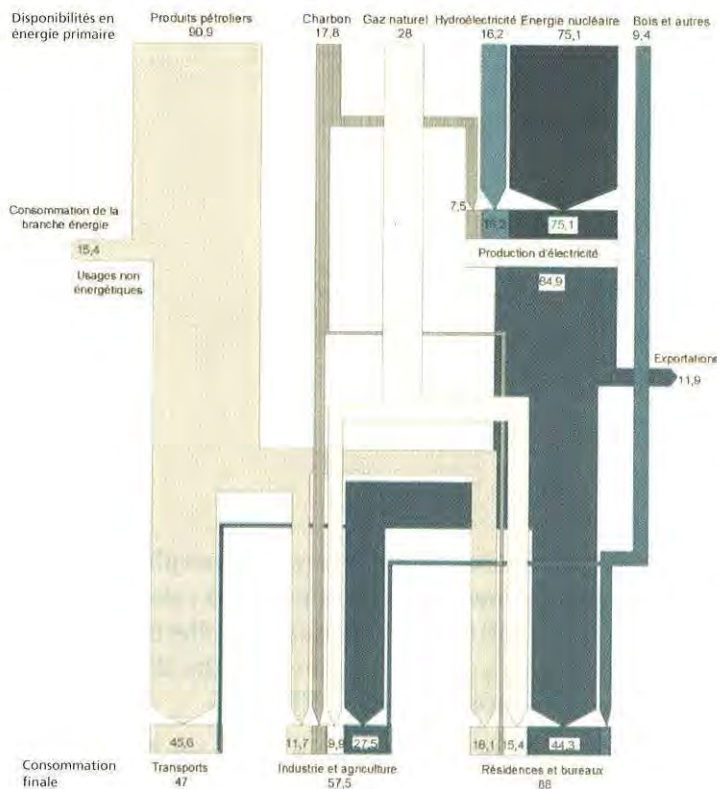
En 1992 la France a consommé 225,5 millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep) d'énergie primaire. Cette consommation a augmenté de 2 % en 1992 après 1,4 % en 1991. Pour la troisième année consécutive, cette croissance a été légèrement supérieure à celle du PIB marchand (+ 1,9 %), ce qui traduit un essoufflement sur les économies d'énergie réali-

sées précédemment. L'hydraulique, les consommations de bois et d'autres énergies renouvelables représentent 25,6 Mtep soit 11,4 % de l'énergie consommée en France, c'est-à-dire plus que le charbon et presque autant que le gaz naturel.

La production nationale d'énergie primaire, 113,8 Mtep en 1992, a plus que doublé depuis 1973 et couvre la moitié des besoins. Depuis le premier choc pétrolier, la part du pétrole dans la consommation est passée de 69 % en 1973 à

40,3 % en 1992, alors que dans le même temps la part de l'électricité « primaire », hydraulique et nucléaire, a crû de 7 à 35,2 % (en hausse de 3,1 % par rapport à 1991, grâce à une meilleure hydraulité). Les hydrocarbures, pétrole et gaz, conservent néanmoins une place prépondérante avec 52,7 % du total en 1992. C'est le gaz naturel qui a connu la plus forte progression avec un taux de + 3,3 % en 1992, notamment dans le résidentiel-tertiaire (+ 5,2 %).

Voir carte 12, *Les principaux sites de production et de stockage énergiques*, p. 367.



(1) En millions de Tep en 1992.

Source : Ifen d'après ministère de l'Industrie, des Postes et des Télécommunications et du Commerce extérieur (Observatoire de l'énergie).

Utilisation de l'énergie en France<sup>(1)</sup>

La consommation d'énergie finale, c'est-à-dire telle que la connaît l'utilisateur après raffinage du pétrole et production d'électricité, se ventile comme suit : 45,6 % du total (contre 38 % en 1973) pour le secteur résidentiel-tertiaire, 28 % (38 % en 1973) pour l'industrie, sidérurgie comprise, 24,6 % (21 % en 1973) pour les transports terrestres, aériens et maritimes et enfin 2 % pour l'agriculture. La hausse régulière de la consommation provient du secteur transport (hausse de 2,8 % en 1992, de 2,3 % en 1991 et de 3,7 % en 1990) et ensuite du secteur résidentiel-tertiaire (hausse de 3,9 % en 1992 et de 1,2 % en 1991).

En 1973, les carburants dans les transports et l'électricité représentaient 42 % de la consommation d'énergie finale. Depuis, les actions d'économie d'énergie se sont concentrées vers les usages thermiques en chaudières (chauffage domestique, production de vapeur industrielle). Mais entre-temps, les consom-

mations d'électricité et de carburant se sont accrues de 88 % et représentent maintenant 63,5 % de l'ensemble.

## 2 L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

Production et consommation d'énergie constituent les principales sources de pollution atmosphérique entraînant des conséquences sur la qualité de l'air des villes, sur les retombées acides et sur l'effet de serre. Elles sont également sources d'autres risques : pollution des eaux continentales et marines, émission de radioactivité, production de déchets solides. Elles ont aussi des conséquences importantes en terme d'occupation d'espace. S'il est bien évidemment impossible d'établir une hiérarchie entre ces impacts compte tenu de leur différence de nature, la possible modification du climat et la production de déchets nucléaires se caractérisent par des impacts à très long terme.

### Évolution de la consommation de carburants pétroliers dans les transports et de la consommation finale d'électricité <sup>(1)</sup>

	1973	1979	1986	1992
Consommation finale d'électricité	33,5	45,7	58,0	73,7
Carburants pétroliers dans les transports	31,0	35,6	37,1	45,6
Consommation énergétique totale finale	152,4	165,8	162,5	189,0

(1) En Mtep.

Source : Ministère de l'Industrie, des Postes et des Télécommunications et du Commerce extérieur (Observatoire de l'Énergie).

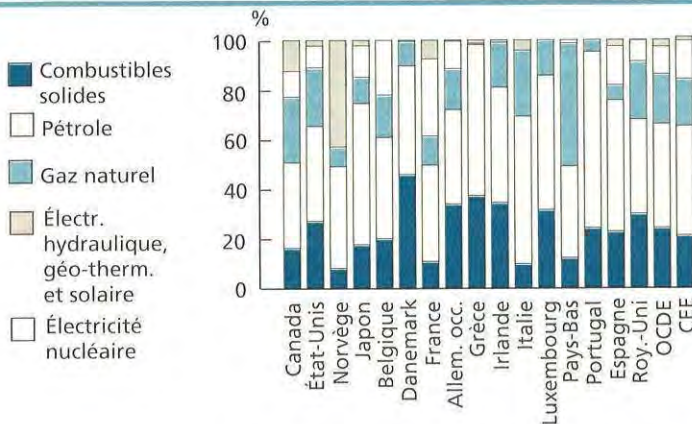
### La pollution de l'air à l'échelle locale et régionale

La production d'électricité et les transports sont les principaux secteurs responsables de la pollution atmosphérique.

À la demande des pouvoirs publics, EDF s'est engagée en 1992 à réduire les émissions de poussières, de dioxyde de soufre et d'oxydes d'azote des centrales thermiques classiques, en installant des dispositifs de désulfuration et de dénitrification, notamment sur

les centrales du Havre et de Cordemais (près de Nantes), cela afin de respecter les normes européennes.

Dans les centrales thermiques, on note par ailleurs que la production de cendres volantes due à la combustion du charbon est, en 1992, en baisse de 7 % par rapport à 1991 (581 000 tonnes contre 612 000 tonnes). La fermeture à terme d'un grand nombre de centrales à charbon devrait encore réduire ce problème. La quantité de cendres valorisée est en hausse (62 % contre 55 %) avec une baisse sensible de l'utilisation dans la fabrication des ciments et bétons et une hausse des autres usages (travaux routiers, remblais, comblement de cavités).



Source : Ifen d'après données OCDE sur l'environnement 1993.

### Effet de serre et changement climatique mondial

La consommation mondiale de l'énergie est à elle seule responsable de 77 % des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), gaz qui contribue pour moitié à l'effet de serre. À

### L'énergie dans le monde

La France (1,05 % de la population mondiale) consomme 2,5 % de l'énergie de la planète (hors biomasse <sup>(1)</sup>). En 1991, la demande mondiale d'énergie primaire commerciale, 7 900 Mtep, n'a crû que de 1 % par rapport à 1990, ce qui reflète l'absence de décollage économique des pays pauvres. Les pays les plus riches concentrent l'essentiel de la consommation énergétique : 27,5 % pour l'Amérique du Nord, 24 % pour l'Asie, 20,5 % pour l'Europe de l'Est, 17,5 % pour celle de l'Ouest, 6 % pour l'Amérique latine et 3 % pour l'Afrique. Rapportées à la population, les disparités régionales sont grandes. Les États-Unis (7,6 tep/hab.), l'ex-URSS (4,7 tep/hab.), l'Union européenne (3,5 tep/hab.) et le Japon (3,5 tep/hab.) se situent largement au-dessus de la moyenne de 1,5 tonne équivalent pétrole par habitant, l'Amérique latine (0,9 tep/hab.), l'Asie (hors Japon) avec 0,5 et l'Afrique (0,3 tep/hab.) sont loin derrière.

Le pétrole avec 36 % reste l'énergie la plus utilisée, suivi du charbon (25 %) et du gaz naturel (17 %), de l'énergie hydraulique (6 %), de l'énergie nucléaire (5 %) et des autres sources d'énergie (biomasse, énergie solaire et éolienne) qui représentent actuellement 11 % du total. La place qu'occupe une source d'énergie dans les approvisionnements d'un pays s'explique par la géologie, l'histoire et la fiscalité. En Europe, le gaz naturel, et plus encore le charbon, sont surtout consommés là où ils sont pro-

duits et donnent lieu à des échanges internationaux limités (10 % de la production pour le charbon, 15 % pour le gaz naturel contre 40% pour le pétrole).

La part du charbon est élevée, notamment au Royaume-Uni et dans l'ex-Allemagne fédérale ainsi qu'aux États-Unis qui détiennent 23 % des réserves mondiales. La place des combustibles solides au Danemark, en Grèce et en Irlande s'explique notamment par l'exploitation de leurs gisements de tourbe et de lignite.

C'est aux Pays-Bas, troisième pays exportateur, que la part du gaz naturel est la plus élevée. On trouve ensuite l'Italie où la fiscalité sur l'usage industriel du gaz naturel est la plus faible d'Europe. Le gaz naturel occupe également une place importante aux États-Unis et au Canada, deux grands pays producteurs et exportateurs.

Le pétrole est facile à transporter, sa place n'est donc pas strictement corrélée avec l'ampleur de la disponibilité locale. Il ne représente que 38 % de l'approvisionnement en énergie primaire au Royaume-Uni alors que son indépendance pétrolière est d'environ 95 %. On observe qu'aujourd'hui le pétrole reste l'énergie dominante. Il joue le rôle d'une « énergie de bouclage » qui complète les autres sources d'énergie.

Les sources d'énergie renouvelable représentent à peine 3 % des approvisionnements en énergie primaire dans l'ensemble de l'OCDE. En

Norvège et au Canada, les énergies renouvelables (l'hydroélectricité essentiellement) jouent un rôle capital. Elles représentent respectivement plus de 40 % et 12,5 % des approvisionnements en énergie primaire du pays.

La part du nucléaire est très variable d'un pays à l'autre, tant il est vrai que les options de production d'électricité traduisent des choix de société. Des pays européens, de climat et développement comparables, ont opté pour des modes de production très différents : la France produit son électricité essentiellement à partir de l'énergie nucléaire (75 %), le Royaume-Uni et l'Allemagne à partir du charbon (60 %), les Pays-Bas à partir du gaz naturel, l'Italie à partir du fioul (50 %). Dans le monde, l'électricité est produite pour moitié par le charbon, le reste étant produit à parts égales par l'hydraulique, le nucléaire et les hydrocarbures. Actuellement, seuls la France et le Japon continuent de développer un programme de construction de centrales nucléaires. D'après une étude de l'Agence internationale de l'Énergie, le nucléaire ne serait plus actuellement compétitif que dans ces deux pays. Il existe des moratoires de droit en Italie, Espagne, Suède, Autriche et des moratoires de fait en Allemagne, Royaume-Uni, Grèce et Belgique.

(1) Biomasse : productions végétales utilisées comme combustibles.

cela, il faut ajouter les émissions de méthane, provenant pour partie des fuites de gaz naturel lors de l'exploitation des gisements pétroliers ou lors des transports par gazoduc du gaz naturel. Ces sources représenteraient 30 % des émissions actuelles de méthane. Enfin, 40 % des émissions mondiales et anthropogéniques de protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O) proviennent de la combustion de la biomasse et des combustibles fossiles.

La France est le pays européen qui a le plus réduit ses émissions de CO<sub>2</sub> depuis 1980. Le niveau français d'émissions par habitant (1,89 t de carbone) est aujourd'hui considérablement plus faible que celui des pays d'industrialisation comparable. Ces résultats sont dus pour 62 % au programme électronucléaire, pour 7 % à la transformation de la structure de l'économie et pour 31 % aux efforts de maîtrise de l'énergie, essentiellement dans les secteurs de l'industrie (émissions de CO<sub>2</sub> réduites de 35 %) et dans le résidentiel-tertiaire (émissions de CO<sub>2</sub> en baisse de 24 %).

Cependant, la tendance s'est inversée en 1988 et, depuis, les émissions de CO<sub>2</sub> par habitant ont augmenté de 1,6 % par an en moyenne. Le secteur des transports contribue pour 33,2 % aux émissions de CO<sub>2</sub>.

La volonté de réduire la pollution atmosphérique pourrait conduire à privilégier le gaz naturel par rapport aux autres combustibles fossiles. La combustion du gaz naturel ne dégage en effet ni dioxyde de soufre, ni poussières, la quantité d'oxydes d'azote est deux

fois moindre que celle dégagée par le fioul et 2,5 fois inférieure à celle dégagée par le charbon à usage égal ; en outre la quantité de gaz carbonique émise par cette combustion est faible : 30 % et 45 % de moins que par le fioul et par le charbon. Aucun déchet solide, suie ou scorie, n'est fabriqué tout au long de la chaîne gazière, de l'extraction à l'utilisation. En revanche, le méthane ( qui est le constituant essentiel du gaz naturel) est un gaz à effet de serre nettement plus actif que le CO<sub>2</sub> et il convient donc de limiter les fuites lors de l'extraction et du transport.

### **Risques et pollutions accidentelles**

Sur les 367 installations classées recensées en France en 1992 au titre de la directive Seveso, 143 concernent des gaz inflammables ; ce sont les installations de production, de transformation ou de traitement de gaz produisant de l'énergie (gaz de pétrole liquéfié, gaz naturel et gaz de synthèse).

Dans le classement des accidents recensés ces cinq dernières années, c'est le transport de matières dangereuses qui arrive en tête des accidents graves (22,6 % des accidents à l'origine identifiée). Les risques par mode de transport sont par ordre décroissant liés à la route, au rail, à la voie d'eau et aux canalisations (gazoducs et oléoducs). Cette situation a été illustrée par le déraillement de wagons de carburant à La Voulte (Ardèche),

le 13 janvier 1993. Soulignons la bonne situation du raffinage (2,3 % des accidents) alors que les accidents, souvent graves, peuvent accréditer l'idée d'un risque plus important (exemple : l'explosion à la raffinerie de La Mède en novembre 1992).

En matière de sûreté nucléaire, en 1993 comme depuis leur implantation, les centrales EDF à eau ordinaire n'ont pas eu d'accident entraînant une dissémination radioactive vers l'extérieur ; c'est un résultat appréciable après une expérience cumulée de 450 années-réacteurs. Dans l'échelle française de gravité qui comporte 6 niveaux, les incidents n'entraînant pas de diffusion de matières radioactives sont classés de 1 à 3. Deux incidents de niveau 3 ont été enregistrés, en 1984 et en 1989. Les incidents de niveau 1 sont en revanche fréquents : une centaine chaque année sur l'ensemble du parc, soit en moyenne 2 par an et par réacteur. Ainsi en 1993, il y a eu 111 incidents de niveau 1 (103 en 1992) et 1 de niveau 2 (3 en 1992) (*cf. chapitre « Les risques naturels et technologiques »*).

### **Pollution des eaux continentales et marines**

Les pollutions des eaux continentales proviennent des rejets liquides des centrales thermiques et des raffineries (produits chimiques comme le chlore, métaux lourds, matières en suspension), de l'évacuation des saumures lors des

essais de production des puits de pétrole ou d'énergie géothermique, de l'écoulement des eaux acides dans les mines. Mais la production d'énergie contribue finalement assez faiblement à la pollution des eaux : seulement 2,2 % des matières en suspension, 1,2 % des matières oxydables, 0,3 % de la pollution toxique et 1,7 % de la pollution azotée.

La pollution thermique due au refroidissement des centrales thermiques a diminué après l'arrêt de la construction de centrales refroidies en circuit ouvert et le déclassement d'anciennes installations. Depuis 1985, les centrales mises en service sur rivières sont refroidies en circuit fermé à l'aide de tours de refroidissement atmosphérique.

Les centrales de production d'électricité en bord de mer ont quant à elles un impact dans les domaines suivants : tache thermique, capture de poissons aux prises d'eau, rejets des produits de lutte contre les salissures

biologiques (chlore notamment).

Exemple même de l'énergie renouvelable et non polluante pour certains, les petites centrales hydrauliques (environ 1 700 installations qui produisent en moyenne 6 % de la production hydraulique totale et 1,2 % de la production nationale) sont souvent mal acceptées par les riverains et les pêcheurs, les uns leur reprochant de faire du bruit, les autres de menacer la vie des poissons. En fait, les effets directs ou induits d'une installation de petite centrale hydraulique sur la vie aquatique dépendent de la diminution du débit de la rivière entre la prise et la restitution (la loi impose le respect d'un débit minimal), de l'obstacle représenté par l'ouvrage au passage d'espèces migratrices (la loi impose la mise en place d'ouvrages de franchissement) et du risque d'eutrophisation du plan d'eau.

Un nombre croissant de retenues de barrages hydroélectriques connaît des problèmes

de qualité d'eau. Les caractéristiques d'une retenue dépendent à la fois de la gestion hydraulique et des apports de l'amont. Si ceux-ci sont trop chargés, il se produit un phénomène d'eutrophisation (prolifération d'algues, appauvrissement en oxygène, arrêt de la décomposition) et l'eau devient impropre à la baignade, à l'irrigation, à la consommation d'eau potable. Aucun inventaire national de l'état des retenues n'existe actuellement. Par ailleurs, les vidanges des retenues réalisées toutes les décennies posent des problèmes du fait de l'accumulation de sédiments.

Le secteur énergétique a une forte responsabilité dans la pollution maritime ; 44 % du pétrole, 14 % du gaz et 11 % du charbon consommés dans le monde sont transportés avant d'être consommés. Cela nécessite 2 600 cargos pétroliers, 65 navires méthaniers et 400 000 kilomètres d'oléoducs. Mais paradoxalement ce sont les rejets terrestres qui constituent la source la plus importante de pollution des mers.

#### Pollution des mers par les hydrocarbures à l'échelle mondiale <sup>(1)</sup>

Rejets terrestres aboutissant en mer (raffineries, huiles usées...)	1 500
Fuites naturelles	200
Retombées atmosphériques (imbrûlés...)	200
Activités offshore	100
Transport maritime :	
– rejets non autorisés	100
– accidents de pétroliers	200
– accidents d'autres navires	100
<b>Total</b>	<b>2 400</b>

(1) Estimation moyenne sur les dix dernières années, en milliers de tonnes par an.

Source : Bureau Véritas et Institut français du pétrole.

#### L'occupation du sol

L'emprise au sol des centrales électriques est faible compte tenu de leur capacité de production. Une centrale nucléaire occupe 50 à 250 hectares – Gravelines par exemple (6 réacteurs de 900 mégawatts) s'étend sur 150 hectares ; une centrale thermique classique occupe 60 à 300 hectares (Cordemais 4 200 MW : 101 hectares). Une retenue hydroélectrique, elle, peut atteindre

3 000 hectares comme à Serre-Ponçon. Les impacts éventuels ne sont évidemment pas limités au seul périmètre d'implantation.

L'occupation de l'espace par les réseaux de transport et de distribution d'électricité dépend de la proportion de

lignes aériennes et souterraines. La comparaison de ces parts avec d'autres pays d'Europe est défavorable à la France qui doit faire face à une faible densité de clientèle.

Par ailleurs, les lignes électriques constituent un risque

important pour l'avifaune : risque de percussio n pour les lignes haute tension et très haute tension, risque d'électrocution pour les lignes moyenne tension.

*Voir carte 12, Le réseau de lignes électriques à très haute tension, p. 381.*

### Le barrage de Petit-Saut en Guyane

Situé au nord de la Guyane sur le fleuve Sinnamary, à 50 kilomètres de Kourou et 80 de Cayenne, le barrage de Petit-Saut constitue le plus important aménagement réalisé par Électricité de France sur le territoire national : la superficie de la retenue est de 31 000 hectares soit 0,3 % de la surface de la Guyane (en comparaison, la retenue de Serre-Ponçon occupe 3 000 hectares). La capacité du barrage est de 3,5 milliards de m<sup>3</sup> (dont 1 milliard de m<sup>3</sup> de capacité utile) avec une production moyenne annuelle de 500 kWh (le potentiel électrique du département sera ainsi multiplié par deux). La hauteur maximale du barrage est de 45 mètres, sa longueur en crête de 750 mètres, la profondeur maximale du plan d'eau est de 35 mètres. La mise en eau s'est effectuée début janvier 1994 et devrait durer environ sept mois.

Des dispositions ont été prises pour tenter de minorer l'impact d'un tel aménagement sur l'environnement qui constitue une atteinte forte et irréversible à l'écosystème local. Une convention passée en 1989 entre les ministères chargés de l'Environnement, de l'Industrie et EDF prévoit

la mise en œuvre d'un plan de sauvetage de la faune terrestre au moment de la mise en eau, sous la responsabilité du Muséum national d'histoire naturelle. Un suivi écologique de la retenue sera effectué pendant trois ans à compter de la fin de la mise en eau (second semestre 1994).

Plans de sauvetage et de suivi sont accompagnés de mesures de protection sur le plan d'eau, ses abords et au niveau des zones de relâchers prescrivant l'interdiction de toute chasse et réglementant la pénétration humaine (arrêté préfectoral du 19 octobre 1993 portant sur 100 000 hectares environ). Afin d'éviter toute nouvelle pénétration dans un milieu naturel qui, durant les premières années, sera perturbé, le développement d'activités tant sportives que touristiques sur le plan d'eau a été écarté.

La retenue n'est pas déforestée, ce qui représente 10 millions de m<sup>3</sup> pour les essences de valeur, soit 10 % du volume. Une telle opération aurait été, selon les experts, difficilement réalisable sur les plans technique et économique en raison de la très grande vitesse de repousse des bois et de la trop faible capa-

cité de production en Guyane. En outre, elle aurait pu entraîner une instabilité des berges. La mise en eau sans déforestation entraînera, les premières années, du fait de la dégradation des matières organiques noyées, une baisse de la concentration en oxygène dissous, risquant de provoquer une mise en solution temporaire de certains éléments chimiques, tel le mercure, déjà présent dans le milieu du fait de l'orpaillage pratiqué dans le fleuve depuis un siècle. Le ministère de l'Environnement a donc demandé à EDF de prévoir un suivi de l'évolution de la qualité de l'eau présente dans la retenue et à l'aval et d'envisager des dispositifs permettant de limiter la baisse du taux d'oxygène dissous.

Pour l'alimentation en eau potable de la ville de Sinnamary (qui puise actuellement dans le fleuve), la distance entre le barrage et la prise d'eau potable serait suffisante pour que la réoxygénation naturelle maintienne un niveau de qualité correct. Afin d'éliminer tout risque, EDF a aidé la ville de Sinnamary à réaliser une seconde station de pompage sur un fleuve côtier voisin, non concerné par l'aménagement (la crique Yi-Yi).

## Les émissions de radioactivité

L'évolution des rejets radioactifs liquides et gazeux des centrales d'EDF laisse apparaître une réduction notable des rejets d'activité, hors tritium.

## Les déchets radioactifs

On distingue 3 types de déchets radioactifs.

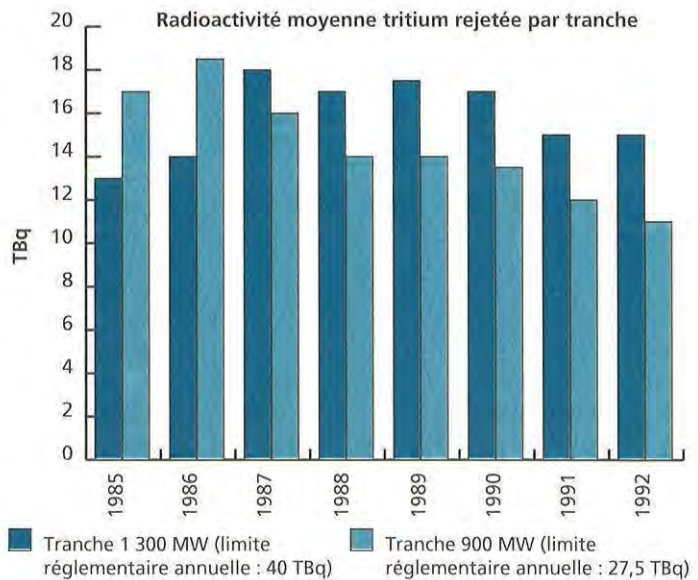
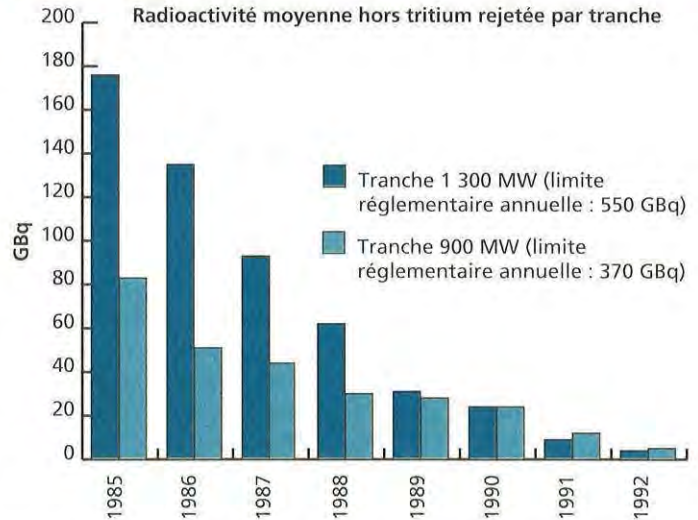
- Les déchets de la catégorie A, de faible activité : leur teneur en corps à vie longue, émetteurs de rayonnement  $\alpha$ , ne dépasse pas un certain seuil d'activité de 0,1 curie par tonne, avec une limite moyenne 10 fois plus basse pour l'ensemble du stockage. Il s'agit de la totalité des déchets technologiques des réacteurs et d'une partie de ceux provenant du retraitement. Produits à raison de 25 000 m<sup>3</sup> par an, sans compter les stériles de mines stockés sur les lieux d'extraction, ils représenteront à la fin du siècle entre 800 000 et 1 million de m<sup>3</sup> et seront stockés définitivement en surface dans le centre de Soullaines, dans l'Aube, qui a reçu ses premiers colis début 1992. En 1992, les centrales nucléaires françaises ont produit 7 800 m<sup>3</sup> de déchets de ce type, soit 136 m<sup>3</sup> par tranche au lieu de 148 en 1991.

- Les déchets de la catégorie B, de faible et moyenne activité : ils contiennent des émetteurs à vie longue dont l'activité spécifique  $\alpha$  dépasse le seuil défini ci-dessus. Ce sont pour l'essentiel les

déchets de procédés et certains déchets technologiques produits à l'étape du retraitement, qui seront conditionnés sous forme de bitume et de béton. Il en est produit environ 4 000 m<sup>3</sup> par an. Leur volume atteindra environ 80 000 m<sup>3</sup> en l'an

2000. Comme ils doivent être isolés pendant des millénaires, leur stockage définitif est envisagé en couches géologiques profondes.

- Les déchets de la catégorie C, de haute activité : ils dégagent de la chaleur, pro-



Les unités utilisées pour la mesure de la radioactivité et de ses effets sont décrites dans le chapitre « L'air ».

Source : EDF.

*Rejets liquides radioactifs des centrales nucléaires*



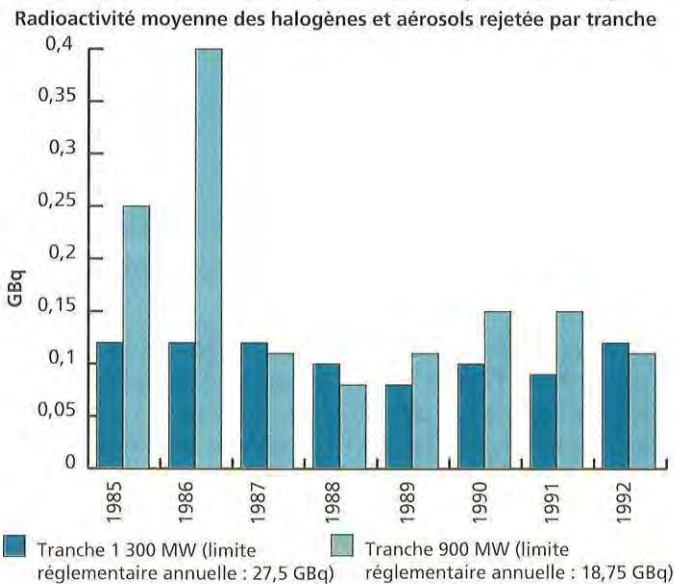
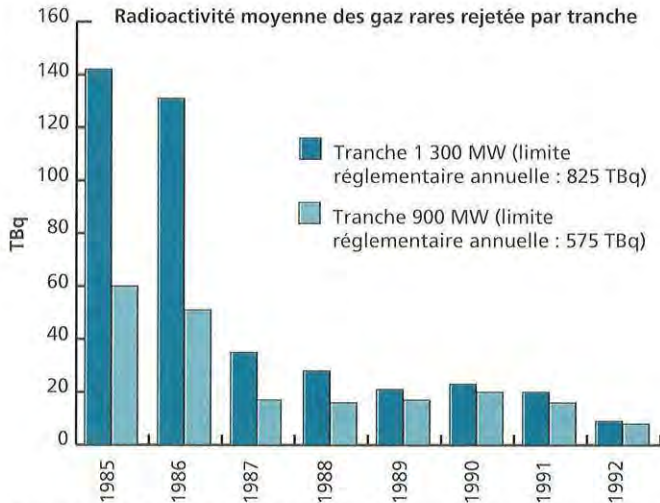
duite par une très forte radioactivité. On classe dans cette catégorie les combustibles usés déchargés des réacteurs, s'ils sont considérés comme les déchets ultimes, et les blocs de verre résultant de leur retraitement. Comme les

déchets B, il est envisagé de les enfouir définitivement en profondeur, mais après une période d'entreposage en surface de plusieurs dizaines d'années pour les laisser refroidir. S'agissant des déchets vitrifiés, le pro-

gramme français prévoit un volume compris entre 1 500 m<sup>3</sup> et 2 000 m<sup>3</sup> à la fin de ce siècle, soit une production annuelle d'environ 200 m<sup>3</sup>.

Concernant le retraitement du combustible irradié des centrales nucléaires, en 1992, l'usine UP2 de la Hague a traité 225 tonnes de combustibles irradiés provenant des centrales françaises (pour une tonne de combustible usé, on compte 30 à 40 kilogrammes de déchets et 960 à 970 kilogrammes de matières recyclables dont 10 de plutonium, 10 d'uranium 235 et le reste d'uranium 238). L'usine UP3 (située également à la Hague) est destinée à l'exécution des contrats que la Cogema a signés avec 27 compagnies étrangères exploitant des centrales nucléaires ; elle a traité 448 tonnes de combustibles irradiés. Après un certain temps d'entreposage, déchets, uranium et plutonium sont réexpédiés dans leur pays d'origine. Ainsi, en 1992, 1,5 tonne de plutonium a été acheminée vers le Japon par un cargo battant pavillon japonais.

• **L'Andra.** L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs, créée en 1979, a été dotée par la loi du 30 décembre 1991 d'un nouveau statut d'établissement public : industriel et commercial, indépendant des producteurs de déchets. L'Andra gère 90 % des déchets radioactifs produits en France. Ses missions : la conception, l'implantation, la construction et l'exploitation des nouveaux centres de stockage, la définition des spécifications de conditionnement et de stoc-



Au 1<sup>er</sup> janvier 1994, on comptait 34 tranches de 900 MW et 20 tranches 1300 MW.

Les unités utilisées pour la mesure de la radioactivité et de ses effets sont décrites dans le chapitre « L'air ».

Source : EDF.

**Volumes de déchets conditionnés dans le cycle du combustible nucléaire**

Étape du cycle	Nature du déchet (Catégories)	Volume des déchets à stocker (m <sup>3</sup> par an)
Extraction-concentration	Stériles (A)	35 000 (approx.)
Conversion		
– Déchets technologiques	Matières plastiques, ferrailles	6,5
– Déchets de procédé	Boues de décantation	5,3
Enrichissement de l'uranium		
– Déchets technologiques	Matières plastiques, ferrailles	8,8
– Déchets de procédé	Barrières de diffusion (A)	1,3
Fabrication du combustible		
– Déchets technologiques	Matières plastiques, ferrailles	8,3
– Déchets de procédé	Boues de décantation (A)	3,5
Exploitation des réacteurs		
– Déchets technologiques	Matières plastiques, ferrailles	145,8
– Déchets de procédé	Concentrats	14,5
	Résines	231,3
	Filtres	75,0
Retraitement des combustibles irradiés		
– Déchets technologiques	Matières plastiques, ferrailles	
alpha < 0,1 Ci /t	(A)	112,5
alpha < 0,1 Ci /t	(B)	42,5
– Déchets de procédé		
coques et embouts	(B)	23,0
boues	(B)	13,5
résidus de minéralisation	(B)	3,5
résines	(A)	0,7
iodure de plomb	(B)	0,6
produits de fission	(C)	3,5

Quantités correspondant à la production d'un réacteur à eau sous pression de 900 MW, fonctionnant 6 200 heures par an.

Source : CEA.

kage des déchets radioactifs, la contribution aux programmes de recherche et de développement concernant la gestion à long terme des déchets radioactifs, la réalisation de l'inventaire (état et localisation) de tous les déchets radioactifs sur le territoire national (cf. *chapitre* « Les déchets »).

• **Le démantèlement des installations nucléaires.** Deux nouvelles centrales nucléaires françaises – Chinon A3 et

Chooz A – vont être démantelées par décret du 17 mars 1993. Dernier exemplaire de la « filière française » à uranium naturel et graphite gaz, la centrale de Chinon A3 a fonctionné d'août 1966 à juin 1990. D'ici à la fin de 1997, la tuyauterie du réacteur, déjà privé de tout son combustible (niveau 1 de démantèlement), aura été découpée tandis que toutes les matières et déchets radioactifs sur le site auront été évacués. Il

sera alors au terme du niveau 2, avant la destruction du gros œuvre (béton, ferraille...) qui correspond au niveau 3. Chooz A est lui le premier réacteur à eau sous pression (Rep) à être démantelé. Il fournira des enseignements pour le démantèlement de réacteurs de ce type. Les démantèlements actuellement décidés par EDF sont : Chinon A2 et A3 (niveau 2), Marcoule G2 et G3 (niveau 2), Brennilis EL4 (niveau 2), Saint-

Laurent A1 et A2 (niveau 2), Chooz A (niveau 1-2). À cette liste il faudra bientôt ajouter Bugey 1 pour lequel le déchargement et l'évacuation du combustible se feront de septembre 1994 à août 1995. Une vingtaine d'installations du CEA sont également en cours de démantèlement de niveau 2 ou 3.

### 3 LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE FRANÇAISE

Une politique d'énergie nécessite d'agir à la fois sur la demande et sur l'offre ; elle suppose également des réponses innovantes aux besoins énergétiques ; enfin, elle doit s'accompagner d'une gestion des conséquences des choix, notamment en ce qui concerne la filière électronucléaire.

#### Les évolutions dans la demande d'énergie

La consommation d'énergie connaît depuis 1987 une nouvelle augmentation. Celle-ci

persiste aujourd'hui alors que l'activité industrielle progresse peu. Le relâchement de l'effort de maîtrise de l'énergie depuis le milieu des années 80 est dû à la fois à la baisse des prix des énergies (notamment du pétrole) et à l'abandon par l'État des politiques d'incitation financière aux économies d'énergie. Dans les faits, la mise en place de l'Ademe en 1992 ne s'est pas encore traduite par une indispensable relance de la maîtrise de l'énergie, même si les accords avec EDF sont susceptibles de combler le retard sur les économies d'électricité.

Permettre un meilleur service aux consommateurs en utilisant moins d'énergie ou une énergie renouvelable ou moins coûteuse : c'est l'approche MDE (maîtrise de la demande d'électricité), traduction française du DSM, pour *Demand Side Management*, prônée par l'Agence internationale de l'énergie, et soutenue par l'Union européenne. Il s'agit de favoriser une meilleure gestion des consommations par les utilisateurs en diffusant des équipements plus économes en éner-

gie, à service égal, ou en permettant des reports de consommations hors des heures de pointe. Exemples : les ampoules électriques à basse consommation, les équipements électroménagers performants, la bi-énergie<sup>(1)</sup>. L'Ademe, l'EDF et les collectivités locales sont les principaux acteurs de cette volonté nouvelle d'économie d'électricité. On en est actuellement à la phase d'expérimentation. Rappelons que vers 1997 la France ne sera plus dans un contexte de surproduction d'électricité. Dès lors, la réalisation d'économies d'électricité pourrait permettre de différer des commandes de centrales.

Du côté des sources renouvelables, le bois apporte déjà une contribution importante au bilan énergétique : 5,2 millions de ménages français (un ménage sur trois) utilisent le bois comme moyen de chauffage et près de 4 000 communes disposent au moins d'un équipement bois. La filière bois-énergie produit chaque année 8,8 Mtep. On

(1) Utilisation d'une énergie de substitution les jours de forte demande.

**Économies d'énergie en France depuis le choc pétrolier de 1973<sup>(1)</sup>**

Année	Industrie	Habitat <sup>(2)</sup>	Tertiaire <sup>(2)</sup>	Transports	Total
1974	-0,51	2,53	0,69	2,21	4,92
1978	2,19	4,75	1,83	0,76	9,53
1982	7,99	9,16	3,94	3,76	24,85
1986	7,78	10,39	2,58	6,01	26,76
1990	9,72	11,81	3,31	6,03	30,87
1991	8,40	12,14	3,31	5,80	29,65

(1) En Mtep cumulées.

(2) Chauffage uniquement.

Source : Ademe.

### Les énergies renouvelables en Guadeloupe

Les départements d'Outre-Mer présentent des spécificités naturelles propices au développement des énergies renouvelables : très bon ensoleillement, fortes précipitations, présence des alizés. L'île de la Guadeloupe pré-

sente ainsi des potentialités importantes en matière d'énergies renouvelables, susceptibles de réduire tant sa dépendance énergétique vis-à-vis de l'extérieur que le coût de la production d'énergie. Depuis quelques années des

expériences sont menées sur les différentes sources d'énergies renouvelables et certaines ont déjà fait leurs preuves : géothermie, solaire, récupération de la bagasse (tiges broyées de canne à sucre)...

estime le potentiel supplémentaire de contribution du bois à environ un tiers. Cela sera possible avec la valorisation de plaquettes forestières et des déchets de l'industrie du bois. Les futurs règlements européens, qui prévoient l'obligation de gérer un produit pendant toute sa durée de vie, encouragent la valorisation du bois de rebut, de caisses et d'emballages. Sur le plan de l'environnement, on retrouve dans la combustion du bois les mêmes polluants que pour les autres combustibles solides : poussières, hydrocarbures et composés organiques volatils, monoxyde et dioxyde de carbone, d'azote... Ces inconvénients sont en partie atténués par les dépoussiéreurs et fortement réduits dans les chauffages performants (chaudières turbo-bois, inserts à feu continu). Quant aux émissions de CO<sub>2</sub>, on peut estimer qu'elles ne s'ajoutent pas dans l'atmosphère puisque dans le cas du bois une quantité équivalente est fixée par le jeune plant qui remplace l'arbre abattu. Le bois peut surtout remplacer le fioul domestique en zone rurale.

Le développement de l'énergie solaire est pratiquement au point mort en France, qu'il

s'agisse de la production d'eau chaude par capteurs solaires ou de la production d'électricité par le photovoltaïque. Pour ce qui concerne l'énergie éolienne, une éolienne de 300 kilowatts a d'abord été installée à Dunkerque en 1991, puis une autre de 200 à Port-la-Nouvelle dans l'Aude l'année suivante. Depuis, l'adjonction de quatre éoliennes de 500 kilowatts a porté la capacité de ce site à 2,2 mégawatts, ce qui représente 90 % du potentiel éolien français.

### Les évolutions de l'offre

Une meilleure insertion des lignes électriques ainsi que la diminution des centrales thermiques à flammes contribuent à offrir une électricité plus respectueuse de l'environnement.

Au sujet des lignes électriques, le protocole du 25 août 1992, entre EDF et les ministres chargés de l'Énergie et de l'Environnement, a défini un plan d'action pour mieux insérer les réseaux électriques dans l'environnement. EDF s'engage à enfouir au minimum 55 000 kilomètres de lignes basse et moyenne tension d'ici à 1996. Le tableau

ci-après résume les engagements d'EDF et fait le point après un an d'application.

La cogénération, en valorisant au mieux les combustibles fossiles, permet de réduire les pollutions émises par la production d'électricité. La cogénération est la production simultanée de chaleur et d'électricité à partir d'un seul combustible. Elle met en œuvre une machine motrice chargée de transformer l'énergie primaire en énergie mécanique. Les principales machines utilisées sont des turbines à gaz ou à vapeur et des moteurs Diesel. Les pertes thermiques après production d'électricité se retrouvent en partie valorisées en chaleur (sous forme de chauffage domestique ou de vapeur industrielle). Le rendement énergétique global est bien supérieur à ceux des deux filières séparées de production de chaleur et d'électricité. Le bilan économique, intégrant la valeur des énergies consommées et produites, dépend du secteur et de la durée d'utilisation. Actuellement en France, la cogénération représente 3 à 4 % de la production électrique. Elle est essentiellement liée à l'utilisation de combustibles de récupération : liqueur noire en papeterie, résidus

## Bilan du protocole EDF - État <sup>(1)</sup> pour l'enfouissement des lignes électriques

Situation au début 1992	Engagements	Réalizations après un an
Basse tension 220 et 380 V 628 000 km dont 19 % en souterrain	5 000 km de lignes par an passés en souterrain ou en réseaux torsadés sur façade, au lieu de 3 000 actuellement.	5 100 km de lignes ont été enfouis ou passés en torsadés sur façade.
Moyenne tension moins de 45 kV 565 000 km dont 21 % en souterrain	Stabilisation d'ici 1996 du kilométrage total de lignes aériennes ; d'ici là, mise en souterrain de 11 000 km de lignes chaque année au lieu de 8 000 actuellement.	Stabilisation réalisée dès cette année ; 11 000 km réalisés en souterrain.
Haute tension entre 45 et 150 kV 48 200 km dont 2,9 % en souterrain	Doublement du rythme de mise en souterrain des lignes nouvelles HT (soit environ 100 km par an) et recours accru à cette technique dans les zones protégées, périurbaines denses et aux abords des postes de transformation.	80 km mis en souterrain.
Très haute tension 225 kV : 25 400 km dont 2,2 % en souterrain 400 kV : 19 600 km	Un passage en souterrain n'étant pas envisageable, il est prévu d'appliquer le principe de compensation : pour toute construction de lignes en haute ou très haute tension, sera passé en souterrain un kilométrage équivalent de lignes d'une tension inférieure. Un inventaire des points noirs est en cours. Des indemnités sont prévues pour les riverains.	Versement de 5 % du coût des nouvelles lignes à un fond d'aménagement des réseaux pour financer le nettoyage des réseaux aux abords des villes. Élus, associations et administrations en assurent la gestion.

(1) Protocole du 25 août 1992.

Source : EDF.

pétroliers en raffinerie, ordures ménagères. EDF a récemment revu sa tarification pour favoriser la cogénération.

### Les orientations de la recherche

Le groupe de travail « Énergie 2010 » du Commissariat général du plan a estimé que les orientations prioritaires en matière de recherche et développement devraient être :

- la maîtrise de l'énergie dans les transports avec mise en concurrence des produits pétroliers et réduction des consommations (nouveaux moteurs terrestres et aériens, véhicules électriques et à gaz comprimé, carburants issus

de la biomasse, système de gestion des trafics et d'aide à la conduite) ;

- amélioration soutenue des techniques d'exploration, de production et de raffinage du pétrole ;
- amélioration de l'efficacité des techniques d'utilisation de l'électricité, notamment dans l'industrie ;
- amélioration de la sûreté des centrales nucléaires.

Le groupe a également examiné les axes à promouvoir dans le domaine du gaz (techniques de cogénération et d'utilisation), du charbon (lits fluidisés circulants, cycles combinés, cogénération), des énergies renouvelables et dans celui de l'utilisation rationnelle

de l'énergie dans l'industrie et le résidentiel-tertiaire.

L'effort de recherche français en matière d'énergie, évalué à 3,15 milliards de francs par an, reste fortement concentré vers l'énergie nucléaire, mais aussi vers l'utilisation rationnelle de l'énergie.

### La gestion des conséquences du choix du nucléaire

Le début des années 90 a été marqué par les débats sur le devenir des déchets radioactifs à vie longue et sur l'avenir du réacteur Superphénix. Dans le même temps, se poursuivent les études sur les futurs réacteurs nucléaires.

### **La gestion des déchets radioactifs**

Pour ce qui concerne les déchets à vie longue, la loi du 30 décembre 1991 prévoit que les recherches seront menées dans trois directions :

- séparation des éléments à très longue durée de vie, suivie d'une opération de transmutation (réduction de la nocivité des déchets dans le temps) ;
- procédés de conditionnement de déchets (amélioration du confinement) pour un entreposage de longue durée en surface ;
- étude de formations géologiques profondes grâce à la réalisation de deux laboratoires de recherche souterrains, en vue d'un éventuel stockage.

Une mission d'étude et de concertation a été confiée au député Christian Bataille par Pierre Bérégovoy puis par Édouard Balladur. À l'issue d'une période de quinze ans

au plus tard, l'Assemblée nationale et le Sénat examineront et évalueront le résultat global de ces recherches pour statuer sur la gestion de ces déchets. Quatre sites ont été retenus pour des études approfondies. Le débat porte sur le caractère irréversible ou non du stockage des déchets plutôt que sur la nécessité ou non de leur enfouissement. Pourrait-on accéder à ces déchets enfouis pour surveiller la sûreté de leur stockage ou au besoin les transmuter si la technologie le permet ? Tel est l'enjeu.

### **La conception de la prochaine génération de réacteurs**

La France travaille en partenariat avec l'Allemagne pour construire le prochain modèle de réacteur, le Rep 2000. L'objectif est une division des doses reçues par les intervenants par 3 ou 4. Les résultats visés en matière d'accidents sont aussi ambitieux : renforcement du confinement, gain d'un

facteur 2 à 3 sur les risques de fusion du cœur, et d'un facteur 5 à 10 sur les conséquences d'un tel accident. Les années qui viennent seront décisives pour les choix concernant la seconde génération de réacteurs qui pourraient être construits entre 2000 et 2020.

Par ailleurs, Électricité de France contribue à la résolution de problèmes de sûreté nucléaire en Europe centrale et orientale, par des initiatives telles que l'assistance à l'exploitation et le jumelage de centrales. Avec ses partenaires électriciens, notamment ceux de Wano (World Association of Nuclear Operators), elle mène des opérations de rénovation et étudie l'achèvement d'ouvrages en construction. Des opérations sont en cours en Slovaquie, Bulgarie, Pologne, Ukraine et Russie.

### **Que faire de Superphénix ?**

La conception il y a près de vingt ans de la filière surgénératrice reposait sur l'hypothèse

### **Pour en savoir plus**

Commissariat général du plan, *Énergie 2010*, rapport du groupe réalisé par M. Pecqueur, La Documentation française, 1991.

HORS (M.), *Énergie et environnement*, La Documentation française, avril 1992.

LÉVY (R.-H.), *Rapport sur les biocarburants*, 1992.

Observatoire de l'Énergie, *La Petite Encyclopédie de l'énergie*, Dunod, 1988.

Observatoire de l'Énergie, *Les Chiffres clés de l'énergie*, Dunod, 1993.

Observatoire de l'Énergie, *Rapport sur les sources d'énergie renouvelable en France*, 1988.

OCDE, *L'Énergie et l'environnement : vue d'ensemble des politiques*, 1990.

SCHAPIRA (J.-P.), *Les Déchets nucléaires, un problème national*, La Documentation française, 1991.

d'une prochaine pénurie d'uranium du fait du décollage rapide attendu des programmes nucléaires. Le surgénérateur était une technique qui répondait à cette pénurie grâce au recyclage du plutonium. Depuis, le contexte a changé : l'enlisement d'une grande partie des programmes nucléaires a effacé tout crainte de pénurie d'uranium avant longtemps, le plutonium est devenu, désarmement Est-Ouest aidant, une matière à la fois abondante et dangereuse (risque de prolifération d'armes nucléaires). D'où les débats sur l'intérêt de la remise en fonctionnement du surgénérateur Superphénix, certains trouvant

inutile son redémarrage, d'autres voulant prolonger l'expérience pour en tirer tous les enseignements. De plus sa production est arrêtée depuis le 3 juillet 1990, après une série d'incidents de fonctionnement. En juin 1992, le gouvernement soumettait le redémarrage à quatre conditions :

- la réalisation d'une enquête publique préalable ;
- la mise à disposition du rapport de l'autorité de sûreté rendu public en juillet 1992 ; ce rapport reconnaît la sûreté globale du réacteur mais insiste sur l'attention particulière qui doit être portée à la gestion du sodium ;

- la réalisation d'un rapport sur l'incinération des déchets et les conditions dans lesquelles Superphénix pourrait y contribuer ; Hubert Curien, alors ministre de la Recherche, a réalisé ce rapport et s'y est déclaré favorable ;

- la réalisation de travaux supplémentaires afin de mieux connaître et mieux prévenir les feux de sodium pulvérisé.

L'enquête publique, ouverte le 30 mars 1993, s'est achevée en juin 1993. En février 1994, le gouvernement décidait de relancer Superphénix mais seulement comme instrument de recherche et de démonstration.