

LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

Le nucléaire et l'approvisionnement en énergie

Éléments pour un débat

Quels sont les avantages et les risques du nucléaire ? Quel est son véritable impact sur l'environnement ? Comment sont gérés ses déchets ? Quelle contribution peut-il apporter à l'approvisionnement énergétique mondial ? Sur toutes ces questions, les Français s'estiment mal informés.

A l'occasion du débat national sur la politique énergétique, auquel elle a résolu de participer activement, la Société Française d'Énergie Nucléaire s'est attachée à proposer quelques éléments de réponse à ces questions. Le présent document rassemble, sous une forme synthétique, certaines des informations et des commentaires versés au débat.

Association scientifique regroupant 4 000 adhérents – chercheurs, ingénieurs, professeurs, médecins... œuvrant pour la plupart dans le secteur nucléaire – la SFEN a vocation à s'exprimer sur toutes ces questions qui relèvent de son champ de compétence. Elle s'y emploie dans le respect de tous les points de vue et avec la volonté de favoriser le dialogue. Telle est bien la démarche qui inspire ce document, dont on espère qu'il apportera une contribution utile au débat.

Francis Sorin

Des informations et des analyses complètes et plus détaillées sont disponibles à la SFEN (01 53 58 32 10) et sur le site internet de l'association (www.sfen.org). Voir aussi les références et éléments de bibliographie indiqués dans ce document.

L'approvisionnement en énergie est un défi majeur auquel est confronté l'ensemble de la communauté humaine. Au-delà de la situation propre à chaque pays c'est d'abord au niveau mondial que la question doit être appréhendée.

Sur les 6 milliards d'habitants que compte aujourd'hui notre planète, 2 milliards n'ont pas encore accès à l'électricité. Vers le milieu du siècle, nous serons 8 milliards. Pour faire face à l'accroissement des besoins, pour assurer à tous un niveau décent d'accès à l'énergie et permettre le développement des pays pauvres, il va falloir multiplier par 1,5 ou 2 la production d'énergie à l'horizon des 50 prochaines années ... et cela même si l'on parvient à limiter les consommations partout où c'est possible. Le défi est immense car il se heurte à deux problèmes majeurs :

LA DIMINUTION DES RÉSERVES ÉNERGÉTIQUES. Les trois principales sources d'énergie utilisées dans le monde se raréfient. Au rythme actuel de consommation, les réserves connues de **pétrole** seront en voie d'épuisement dans une quarantaine d'années. Le délai est de l'ordre de 60 ans pour le **gaz** et 250 à 300 ans pour le **charbon**. Même si l'on découvre, ici ou là, de nouveaux gisements, la tendance apparaît irréversible : **ces combustibles fossiles, sur lesquels l'humanité a fondé depuis deux siècles son développement énergétique et qui fournissent aujourd'hui 80% de l'énergie dans le monde, vont être en situation d'épuisement à échéance prévisible.** La prudence nous impose de les gérer de façon économe. Et la solidarité nous commande de laisser disponible pour nos enfants et nos petits-enfants une partie de ce capital au lieu de le consommer égoïstement pour nos intérêts immédiats.

LA MENACE DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE. La grande menace environnementale à laquelle notre planète est confrontée est celle du réchauffement climatique provoqué par les activités humaines liées à la production d'énergie. Nous n'avons pris conscience de ce phénomène que tardivement, à la fin du siècle dernier, mais on ne peut plus en ignorer la gravité. Les principaux responsables de ce réchauffement sont le charbon, le gaz et le pétrole. Brûlés dans les véhicules automobiles, les installations de chauffage, les centrales électriques ... ces combustibles fossiles relâchent dans l'atmosphère des gaz à effet de serre, principalement du gaz carbonique (CO₂).

Ceux-ci viennent s'ajouter aux gaz naturellement présents dans la biosphère et cet ajout artificiel, quoique proportionnellement limité, provoque le phénomène de saturation constaté par les climatologues : en concentration excessive dans l'atmosphère, les gaz à effet de serre vont piéger un surcroît de la chaleur solaire rayonnée par la Terre et entraîner ainsi une hausse globale de la température. **Cette hausse est d'ores et déjà enclenchée (+ 0,6° C au siècle dernier) et pourrait atteindre de 1,5 à 6°C d'ici à 2100. Les conséquences potentielles en sont inquiétantes :** fonte de la banquise et des glaciers, élévation du niveau des océans, inondations, sécheresses, désertification, canicules, bouleversement du régime des pluies, disparition d'espèces végétales et animales, recrudescence de certaines maladies et épidémies ...

Si le réchauffement climatique est d'ores et déjà à l'œuvre, il nous reste la latitude d'influer sur son intensité afin de le maintenir dans des limites supportables. **Pour cela, il nous faut impérativement diminuer nos émissions de**

LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

gaz carbonique, (il faudrait les diviser par deux au niveau mondial !) et donc restreindre fortement le recours aux combustibles fossiles.

DES COMBUSTIBLES FOSSILES AUX ÉNERGIES NON CARBONÉES. – Les quelques données qui précèdent montrent que nous sommes face à deux impératifs a priori contradictoires : il va falloir produire des quantités de plus en plus importantes d'énergie, et notamment d'électricité ... et dans le même temps freiner l'utilisation des combustibles fossiles qui en sont aujourd'hui les sources principales. Il n'y a qu'un moyen de résoudre cette équation : **c'est d'accélérer le développement des énergies non émettrices de CO₂, à savoir les énergies renouvelables et l'énergie nucléaire.** Toutes les études s'attachant à identifier les voies d'un développement durable pour l'humanité en viennent à cette conclusion évidente (voir Repères 1 et 2).

"**Dé-carboner**" autant qu'il sera possible notre production énergétique, voilà bien la ligne à tenir si nous voulons tout à la fois satisfaire sans discrimination les besoins en énergie de la population mondiale et laisser à nos descendants une Terre à peu près vivable !

Aux côtés de l'hydraulique, les énergies solaire et éolienne apporteront au bilan global une contribution précieuse mais relativement limitée en raison de leur caractère dilué et intermittent (faiblesse du rayonnement solaire dans certaines régions et à certaines périodes, caprices du vent qui souffle ... ou ne souffle pas - Repère 5). **Pour produire en continu les quantités massives d'électricité indispensables au "bouclage" du bilan énergétique mondial l'apport du nucléaire sera décisif.** A l'heure actuelle, le nucléaire fournit environ 7% de l'énergie consommée dans le monde (1). Selon certains scénarios prévisionnels, ce pourcentage pourrait se situer aux alentours de 13 % à l'horizon 2050 (2).

Les énergies renouvelables (y compris l'hydraulique) verraient aussi leur part augmenter, passant d'environ 15 % aujourd'hui (en incluant la biomasse : 6%) à environ 35 % vers le milieu du siècle. Ce déploiement des énergies non carbonées, ajouté aux économies d'énergie, permettrait donc de limiter le recours aux combustibles fossiles et de freiner les émissions de CO₂ qui y sont associées.

DU BON USAGE DU NUCLÉAIRE. – En se substituant plus ou moins largement aux combustibles fossiles, le nucléaire ne pourra à lui seul freiner l'aggravation de l'effet de serre et conjurer la menace du réchauffement climatique. Le nucléaire n'est qu'un outil parmi d'autres, dans une vaste panoplie. **Mais c'est un outil qui, dans son champ d'action circonscrit pour l'instant à la production d'électricité, peut se révéler efficace** (voir Repère 1). Ainsi, par exemple, si les vingt huit pays industrialisés membres de l'OCDE développaient leur recours au nucléaire dans les mêmes proportions que la France pour produire leur électricité (75%) ils diminueraient d'un tiers leurs émissions globales de gaz à effet de serre ! ... soit un large dépassement des objectifs fixés par le Protocole de Kyoto (3) pour l'horizon 2012. A l'inverse, restreindre le recours au nucléaire, voire en "sortir", se traduirait par une augmentation des émissions de gaz à effet de serre du fait d'un recours accru aux combustibles fossiles. **Agir efficacement contre la menace du réchauffement climatique suppose que le nucléaire tienne toute sa place dans le "bouquet énergétique" de demain.**

Capable de fournir des quantités massives d'électricité tout en gardant l'atmosphère propre, le nucléaire peut donc contribuer utilement à résoudre le problème posé par l'approvisionnement énergétique mondial (voir Repères 3, 4, 5). Méconnaître ce potentiel, ou y renoncer, comme certains le préconisent, sous prétexte qu'il s'agirait d'une énergie par principe inacceptable, nous paraît être une attitude irresponsable. Loin de toute diabolisation et de tout ostracisme, la voie à rechercher est celle d'une **complémentarité intelligente** entre énergies renouvelables et énergie nucléaire, clés d'un développement durable pour le monde de demain.

(1) L'énergie fournie par le nucléaire l'est sous forme d'électricité. C'est ainsi que le nucléaire produit environ 17% de l'électricité mondiale.

(2) Etudes établies par le Conseil Mondial de l'Energie.

(3) Accord international intervenu en décembre 1997 par lequel les pays signataires s'engagent à diminuer leurs émissions de gaz à effet de serre pour lutter contre le réchauffement climatique.

1 Le nucléaire atout contre l'effet de serre

Le gaz principalement responsable de l'effet de serre est le gaz carbonique. Ce gaz est une composante naturelle de la biosphère. Chaque année, le sol, les océans et l'atmosphère échangent environ 190 milliards de tonnes de carbone à la faveur d'un cycle fondamentalement équilibré. Le problème vient du carbone artificiellement rejeté par les activités humaines : 6,5 milliards de tonnes chaque année. Ces rejets supplémentaires sont à l'origine du déséquilibre climatique, comme la goutte d'eau qui fait déborder le vase. Il faudrait les réduire de moitié, soit « économiser » 3 milliards de tonnes. En se substituant aux combustibles fossiles, le nucléaire permet d'éviter chaque année le rejet d'environ 600 millions de tonnes de carbone, soit 10 % de la totalité du carbone anthropique relâché et 20 % du tonnage à économiser. Ces ordres de grandeur permettent de mesurer la contribution du nucléaire à la lutte contre l'effet de serre. Elle est importante, et susceptible d'être encore renforcée. Le nucléaire apparaît dès lors comme un des principaux moyens de maîtriser le risque du réchauffement climatique.

2 Ce que dit J. Lovelock...

Le professeur James E. Lovelock, un des fondateurs et théoriciens de l'écologie moderne, se déclare aujourd'hui favorable au nucléaire. Dans sa préface à un livre de Bruno Comby*, il écrit : « J'espère qu'il n'est pas trop tard pour que le monde suive l'exemple de la France et fasse du nucléaire notre principale source d'énergie. C'est à l'heure actuelle la seule énergie sûre, écologique et bon marché capable de remplacer notre dangereuse pratique de brûler des combustibles fossiles émetteurs de gaz carbonique. »

Militer pour l'écologie ne veut pas dire nécessairement militer contre le nucléaire... En témoigne par exemple l'existence, en France, d'une « Association des Ecologistes Pour le Nucléaire » (AEPN, site : www.ecolo.org) et d'autres associations et groupements s'affirmant favorables au nucléaire parce qu'ils sont écologistes.

* « Le nucléaire, avenir de l'écologie ? », éditions TNR - 2001.

3 Le nucléaire mondial continue...

Le nucléaire serait-il en perte de vitesse au niveau mondial, comme certains le disent ? Loin de là : on compte aujourd'hui 34 réacteurs en construction dans le monde, et presque autant en projet. Les Etats-Unis ont un plan de relance du nucléaire et prolongent la durée de fonctionnement de leurs centrales. La Chine et l'Inde ont d'importants programmes de construction de même que la Russie et le Japon. La Finlande et la Suisse (par référendum) viennent de confirmer leur choix pour cette énergie. De nombreux autres pays, parmi lesquels la France, misent sur le nucléaire et n'affichent nullement l'intention d'en sortir. Et même des pays ayant depuis longtemps voté la « sortie » du nucléaire, comme la Suède, en viennent aujourd'hui à reculer l'échéance et à se demander s'il ne faut pas reconsidérer la décision.

4 Solidarité intelligente

En recourant davantage au nucléaire, les pays industrialisés réduisent les tensions sur



Choix nucléaire : quelles conséquences pour la France ?

Le nucléaire produit aujourd'hui plus des trois-quarts d'électricité en France ... et voilà bientôt quarante ans que des centrales nucléaires fonctionnent dans notre pays. L'expérience est suffisante pour que l'on puisse évaluer en bonne connaissance de cause les conséquences liées à l'utilisation de cette forme d'énergie.

INDÉPENDANCE ÉNERGÉTIQUE. – Grâce au nucléaire et au complément apporté par l'hydraulique, le taux d'indépendance énergétique du pays est passé, en 25 ans, de 20% à 50%. Contrairement à la situation qui prévalait jusque dans les années 1970, la France n'est plus obligée d'importer chaque année de l'étranger les quantités massives – et très coûteuses – de combustibles fossiles destinés à produire son électricité. Elle est maintenant en mesure de la produire par ses propres moyens (voir Repère 6). **Cette situation lui assure une complète sécurité d'approvisionnement** et la met à l'abri des crises pouvant affecter les marchés de l'énergie.

ÉLECTRICITÉ BON MARCHÉ. – Le nucléaire permet la production d'une électricité bon marché, moins coûteuse que celle produite à partir du gaz ou du charbon (voir Repère 9). Les consommateurs français, particuliers et entreprises, en bénéficient directement puisque leur facture électrique se situe dans la moyenne basse des tarifs européens. **Sans le nucléaire, les Français paieraient leur électricité plus cher.** Par ailleurs, le coût de production du kWh nucléaire offre une grande garantie de stabilité sur le long terme (contrairement à celui du kWh "fossile", très dépendant des aléas des marchés internationaux et des fluctuations du dollar).

UNE INDUSTRIE DE HAUTE TECHNOLOGIE, EXPORTATRICE SUR LE MARCHÉ MONDIAL. – Conception, réalisation et exploitation des centrales nucléaires, gestion du cycle du combustible : la France a bâti, en trente ans, une industrie nucléaire globale qui se situe au premier rang mondial et dont le savoir-faire est internationalement reconnu.

Le nucléaire a permis à la France de devenir un pays vendeur sur le marché mondial de l'énergie. Nous exportons chaque année d'importantes quantités d'électricité en Europe et nous vendons des équipements et des services nucléaires dans le monde entier (comme par exemple le réacteur EPR que nous venons de vendre à la Finlande). Au total, les exportations nucléaires qui représentent de l'ordre de 4 à 5 milliards d'euros par an, constituent un des plus importants postes bénéficiaires de la balance commerciale du pays. Avec les économies réalisées par ailleurs sur les importations devenues inutiles de combustibles fossiles, l'impact global du nucléaire sur les échanges extérieurs, de l'ordre de 10 à 15 milliards d'euros par an, représente un élément déterminant de la balance commerciale française, l'aidant à atteindre l'équilibre et à dégager des excédents.

EMPLOIS - La valeur ajoutée créée par l'industrie nucléaire française est de l'ordre de 20 à 28 milliards d'euros par an. Cette valeur ajoutée, essentiellement réalisée sur le territoire national, est un facteur déterminant pour l'emploi et le dynamisme économique. **Le nucléaire représente aujourd'hui en France 100 000 emplois directs.** S'y ajoutent plusieurs dizaines de milliers d'emplois induits, principalement dans les régions où sont implantées des centrales ou des usines du cycle du combustible.

ET DEMAIN ? – Si l'on convient que le nucléaire permet à la France d'assurer son approvisionnement électrique en toute indépendance, à des coûts modérés et stables et sans dommage à l'environnement, il apparaît légitime de poursuivre son utilisation. La priorité doit être, bien entendu, d'économiser l'énergie. Mais même si l'on peut espérer, à l'avenir, de bons résultats dans ce domaine, la demande d'électricité continuera de se situer

les marchés des combustibles fossiles, pétrole, charbon et gaz. Cela joue dans le sens d'une meilleure disponibilité de ces ressources et de meilleures conditions de prix pour les pays en voie de développement qui ont un besoin vital, pour leur décollage économique, d'une énergie accessible à des prix raisonnables. Une plus large utilisation du nucléaire peut être ainsi la marque d'une solidarité intelligente de la part des pays riches envers les régions du monde les plus défavorisées.

5 Éoliennes et électricité

Les énergies solaire et éolienne, « fer de lance » des énergies renouvelables ne sont pas en mesure, à horizon prévisible, de produire en continu des quantités massives d'électricité. Ainsi, les éoliennes, qu'elles soient « terrestres » ou « off-shore » ne fonctionnent en moyenne que 1700 heures par an en Europe*, compte tenu des caprices du vent. Autrement dit, elles sont à l'arrêt trois jours sur quatre. L'électricité produite par les éoliennes est une électricité aléatoire qui ne peut être qu'un complément au courant fourni par des sources plus sûres, fossiles ou nucléaire. Même si elles coûtent cher, les énergies renouvelables sont séduisantes. Il faut les développer en tant que sources complémentaires d'électricité, notamment utiles pour des productions décentralisées. Mais il ne faut pas leur demander plus qu'elles ne peuvent donner pour l'instant.

* Statistiques de l'Observatoire des énergies renouvelables.

6 Indépendance

Associée à la propriété et à l'exploitation d'importants gisements d'uranium dans des régions du monde très diversifiées (Canada, Afrique, Australie, Asie Centrale) par l'intermédiaire du groupe Areva (n° 2 mondial sur ce marché) la France dispose d'un « portefeuille » de réserves acquises de l'ordre de 225 000 tonnes, soit 35 ans de production. La France dispose par ailleurs sur son territoire de stocks d'uranium équivalant à plusieurs années de consommation ainsi que de réserves (actuellement non exploitées) dans son sous-sol. Cette situation lui garantit un approvisionnement libéré de la contrainte extérieure. Par ailleurs, le coût de l'uranium – peu élevé – n'intervient que pour environ 5% dans le coût total de production du kilowattheure électrique (contrairement aux combustibles fossiles qui représentent de 50% à 70% de coût). Il en résulte qu'environ 95% des dépenses réalisées dans le cadre de notre programme nucléaire demeurent à l'intérieur du pays.

7 L'électricité demain

Actuellement, le nucléaire contribue pour plus de 75 % à la production d'électricité en France et l'hydraulique pour environ 14 %. Le complément est essentiellement fourni par les combustibles fossiles. Le solaire et l'éolien participent pour moins de 1 % au total. A l'avenir, on ne pourra guère compter sur le développement de l'hydraulique car tous les grands sites disponibles sont d'ores et déjà exploités. En l'état actuel et prévisible des techniques, les autres énergies renouvelables notamment solaire et éolienne ont un potentiel limité. Même si l'on parvient à réaliser d'importantes économies d'énergie, il paraît raisonnable de penser qu'à horizon prévisible l'addition de l'hydraulique et des autres éner-

LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

à des niveaux élevés. Il apparaît évident qu'à horizon prévisible, les renouvelables ne pourront apporter qu'une contribution minoritaire à notre production d'électricité. **L'essentiel devra donc être fourni par une autre source énergétique et le nucléaire nous paraît s'imposer comme la solution la plus avantageuse** (voir Repères 7, 8, 9).

Certains contestent ce choix et souhaitent que la France "sorte du nucléaire". Mais par quoi le remplacerait-on ? Principalement par du gaz, comme ils le préconisent ? Mais alors la France perdrait son indépendance et redeviendrait tributaire de l'extérieur pour la plus grande partie de son approvisionnement en électricité. Il faudrait se fournir en grandes quantités de gaz auprès de la Russie, des pays du Moyen-Orient ou du Maghreb. Une situation d'autant plus préoccupante que le prix du gaz, dont les réserves vont être en voie d'épuisement progressif dans les prochaines décennies, ne pourra qu'augmenter, ce qui conduira inévitablement à une hausse des prix de l'électricité. Cette "facture" extérieure, consacrant un transfert de richesse hors du territoire national, s'accompagnerait de la dévitalisation d'un secteur nucléaire particulièrement favorable au dynamisme de notre économie et à l'emploi. Enfin, après avoir réussi à mettre en place un système de production d'électricité ne générant pratiquement aucun gaz à effet de serre, la France en viendrait à lui substituer un système émetteur de ces gaz ... attendu que les efforts doivent être intensifiés pour lutter contre le réchauffement climatique ! Pour toutes ces raisons, **la solution proposée par ceux qui veulent "sortir du nucléaire" nous apparaît comme un recul stratégique, économique, environnemental.**

L'EPR, FUTUR IMMÉDIAT ? – Le bilan dont peut se prévaloir le nucléaire en France nous convainc que cette énergie doit continuer d'assurer une part importante de la production d'électricité du pays. Si l'Autorité de sûreté nucléaire autorise une durée de vie des réacteurs de l'ordre de 40 ans, la période 2015/2025 verra la mise hors service d'une trentaine de réacteurs, soit entre le tiers et la moitié de la capacité totale de production d'électricité en France ! Pour compenser ce déficit, le pays devra être en mesure de coupler progressivement au réseau, à cet horizon, une série de réacteurs de nouvelle génération du type EPR (voir Repère 8). L'engagement d'une telle série appelle impérativement la construction d'un réacteur de démonstration afin de disposer d'une expérience préalable. Compte tenu des échéances considérées, **la mise en service de ce premier EPR "démonstrateur" devrait intervenir vers les années 2011/2012.** Cela implique que la décision de le construire soit prise en 2004/2005. Telle est bien la démarche logique pour préparer avec toute la rigueur requise le renouvellement de notre parc de centrales et garantir au pays, pour le futur, un approvisionnement sûr en électricité.

(1) On compte également, parmi les énergies dites « renouvelables », la géothermie, l'énergie marémotrice, la biomasse, du gaz de décharge et du biogaz.

Sûreté nucléaire : quels risques ?

Pour évaluer le risque nucléaire, il faut interroger les résultats tirés de l'expérience : une expérience mondiale d'exploitation des centrales nucléaires qui s'étend sur plus de 40 ans et dépasse aujourd'hui les 10 000 années x réacteurs (voir Repère 10).

LE BILAN DE 40 ANS D'EXPLOITATION. – En France, les centrales nucléaires n'ont fait aucune victime. Nulle autre grande source d'énergie ne peut se prévaloir d'un tel bilan dans le domaine de la production d'électricité, qu'il s'agisse des énergies fossiles, charbon, pétrole, gaz ou l'hydraulique.

Ce constat est transposable au niveau mondial : les programmes nucléaires fondés sur les technologies occidentales ont ramené les risques à un niveau minime par rapport aux dommages - se chiffrant en dizaines de milliers de victimes - dus aux coups de grisou, explosions de gaz, ruptures de barrages, incendies de raffineries. (1)

gies renouvelables* ne pourra apporter qu'une contribution minoritaire à notre production d'électricité. C'est le nucléaire qui devrait continuer à en fournir l'essentiel (... à moins que l'on ne décide d'en revenir aux combustibles fossiles, un choix possible mais dont les conséquences sur l'indépendance énergétique du pays, sur les coûts de l'électricité et sur l'environnement seraient fortement pénalisantes).

* Comprendant également géothermie, biomasse, énergie marémotrice, gaz de décharge...

8 Génération EPR

Si la France entend continuer de produire une part de son électricité avec l'énergie nucléaire, elle doit réfléchir dès à présent au renouvellement de son parc de centrales. C'est dans cette perspective qu'a été mis au point l'EPR, European Pressurized Reactor. Fruit d'une étroite coopération franco-allemande principalement mise en œuvre par Framatome et Siemens, ce réacteur de troisième génération combine le meilleur des deux technologies, au demeurant très voisines, et leur apporte d'importantes innovations : moindre consommation d'uranium et moindre production de déchets, dispositifs de sûreté réduisant d'un facteur 10 la probabilité d'accident – déjà infime sur les réacteurs actuels –, élimination pratique de tout risque de rejet radioactif vers l'extérieur, diminution du coût de revient de l'électricité produite. On peut raisonnablement estimer que l'EPR est un bon produit, un des meilleurs et des plus avancés aujourd'hui disponibles sur le marché mondial des réacteurs nucléaires. Les spécialistes finlandais ne s'y sont d'ailleurs pas trompés puisqu'ils viennent de décider de commander un EPR au consortium Areva-Siemens, de préférence aux autres modèles, américain et russe, en compétition.

9 Compétitivité de l'électricité nucléaire

L'étude publiée fin 2003 par la Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières confirme que pour la production d'électricité en base, le nucléaire est la source d'énergie la moins chère en France.

Pour un fonctionnement en base (plus de 330 jours par an), le nucléaire apparaît, avec un coût de production de 28,4 euros par mégawattheure TTC, plus compétitif que le gaz (35 euros/MWh TTC) et le charbon (32 à 33,7 euros/MWh TTC). Cette compétitivité s'accroît si l'on tient compte des coûts induits par la limitation des émissions de gaz à effet de serre qui pourraient représenter entre 1,5 et 15 euros/MWh pour le gaz et le charbon selon les hypothèses faites sur le coût de la tonne de CO₂ (voir Repère 14).

Ces résultats intègrent la totalité des coûts pour la filière nucléaire, tenant compte de la recherche-développement, du traitement/recyclage des combustibles usés, du démantèlement des installations et de la gestion des déchets.

Il faut noter par ailleurs que le coût du kWh nucléaire offre une garantie de stabilité sur le long terme car le prix de la matière première « uranium » n'y représente que 5 %. C'est un avantage par rapport aux kWh « fossiles » qui sont fortement dépendants des fluctuations des prix du gaz, du pétrole et du charbon sur les marchés internationaux.

L'électricité produite par les énergies re-



LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

Dans toute l'histoire du nucléaire, il ne s'est produit que 3 accidents graves où une fraction significative du cœur du réacteur a été endommagée : **Windscale (Grande-Bretagne, 1957), Three Mile Island (Etats-Unis, 1979) et Tchernobyl (Union Soviétique, 1986)**. Seul ce dernier accident a causé mort d'hommes et envoyé dans l'environnement des quantités massives de radioactivité. Il faut rappeler que cet accident s'est produit sur un réacteur de type entièrement différent des réacteurs occidentaux, qui avait des zones d'instabilité, et à la suite de violations flagrantes des consignes de sécurité par les opérateurs. En outre, le réacteur ne disposait pas d'enceinte de confinement (comme celles qui équipent les centrales françaises et occidentales), ce qui a entraîné la dispersion dans l'environnement des produits radioactifs contenus dans le cœur détérioré. Très lié au contexte de l'Union Soviétique de l'époque et à sa technologie, l'accident de Tchernobyl apparaît comme une exception dont le caractère particulier ne remet pas en cause le bilan global de l'industrie nucléaire. La prise en compte des conséquences de cet accident (voir Repère 15) ne change aucunement les termes de la comparaison qui montre qu'à quantité égale d'électricité produite, **le nucléaire garantit une protection des individus nettement plus élevée que les énergies classiques.**

RISQUES MAÎTRISÉS. – Ce constat s'illustre clairement dans les études ayant pour but de chiffrer, pour chaque source d'énergie, son coût "externe", c'est-à-dire les atteintes portées aux personnes (accidents mortels, maladies ...) et à l'environnement. Dans tous les cas, le coût externe du nucléaire s'établit à des niveaux très inférieurs (de 5 à 15 fois) à ceux évalués pour le gaz, le pétrole ou le charbon (voir Repère 14). Comme nous l'avons dit, le recours à des énergies fossiles, et particulièrement au charbon, pour produire de l'électricité, fait chaque année des milliers de victimes dans le monde. **Le remplacement à une large échelle de ces énergies traditionnelles par l'énergie nucléaire ramène le risque global (accidents mortels, détriments sanitaires) à des niveaux très inférieurs. Ainsi doit-on reconnaître que la mise en œuvre du nucléaire dans le monde et en France a constitué un facteur bénéfique et un réel progrès pour la protection des individus.**

ACCIDENTS : LES HYPOTHÈSES. – (Voir Repère 11) Des incidents, des anomalies de fonctionnement se produisent dans les installations nucléaires comme dans n'importe quelles autres installations industrielles. Et malgré toutes les précautions prises, un accident grave reste possible. Il convient de préciser, cependant, que les centrales nucléaires de technologie occidentale exploitées aujourd'hui en France et dans le monde ont atteint un niveau de sûreté qui réduit à une probabilité très faible l'occurrence d'un tel accident (?). Dans le cas où il surviendrait sur une centrale en France, **on peut estimer qu'il aurait un impact limité, tant du point de vue de la sécurité des personnes que du point de vue du relâchement de radioactivité dans l'environnement.** Les dispositifs de sauvegarde enclenchés sur les installations, les architectures de confinement du réacteur, les plans d'intervention mis en place par les pouvoirs publics ... tout cet ensemble de mesures (régulièrement testées lors des "exercices de crise" conduits sur les centrales d'EDF) est appelé à restreindre efficacement les conséquences de l'accident.

A mesure de l'expérience acquise et de l'avancement des technologies, la sûreté des installations nucléaires est engagée dans un processus de progrès. Le travail des concepteurs et des exploitants, le contrôle permanent des autorités de sûreté, tout concourt à favoriser ce processus et à écarter le penchant qui pourrait conduire à se satisfaire de l'acquis et à s'installer dans la routine.

(1) cf. L'étude "Severe accidents in the energy sector" réalisée par l'Institut Paul Scherrer à la demande l'Office fédéral suisse de l'énergie. Nov. 1998. Auteurs : S. Hirschberg, G. Spiekerman et R. Dones.

(2) La probabilité d'accident est évaluée à 1/100 000 par réacteur et par an pour les installations actuellement en service. Ce chiffre est appelé à être amélioré et est estimé à 1/1 000 000 pour les réacteurs de la prochaine génération, tels L'EPR.

nouvelables, éolienne et solaire, est beaucoup plus chère – au moins deux fois plus dans le meilleur des cas.

10 Bon bilan de sûreté

Il ne faut pas minimiser les risques potentiels présentés par l'utilisation du nucléaire mais il ne faut pas ignorer non plus que c'est cette forme d'énergie qui affiche de loin le meilleur bilan de sûreté, en quarante ans d'exploitation, par rapport aux autres grandes sources de production d'électricité : charbon, pétrole, gaz et barrages hydrauliques*. Sans entrer dans le détail des statistiques établies au niveau mondial, il faut relever que le charbon, à lui seul, entraîne malheureusement de l'ordre de 15 000 victimes chaque année dans les mines. Les accidents dus au gaz et au pétrole, les ruptures de barrage augmentent encore ces chiffres, sans compter les dommages sanitaires causés par les polluants chimiques rejetés par l'utilisation des combustibles fossiles. Dans la mesure où le nucléaire se substitue à ces énergies traditionnelles, les atteintes à la sécurité et à la santé des personnes diminuent d'autant. Un tel constat ne justifie pas la réputation de danger « inacceptable » que le nucléaire traîne auprès d'une partie du public.

* Voir l'étude de l'Institut Paul Scherrer (déjà citée) ainsi que les statistiques régulièrement établies par l'Organisation Mondiale de la Santé, www.who.int.

11 Avion kamikaze : quelles conséquences ?

Qu'advierait-il si un avion gros porteur, de type Airbus ou Boeing, était détourné par des terroristes et précipité sur un réacteur nucléaire ? Les études réalisées sur la question permettent d'apporter les précisions suivantes* :

– Un réacteur est une « cible » basse, de taille relativement modeste comparée aux tours du World Trade Center. Les bâtiments voisins peuvent gêner l'approche. Il n'est pas évident que l'avion atteigne la « cible ».

– Le bâtiment réacteur est une structure cylindrique que l'avion kamikaze aura du mal à atteindre de plein fouet, c'est-à-dire perpendiculairement au plan tangentiel. Car cela nécessite une précision à quelques mètres près. La probabilité est forte que l'avion ricoche sur l'enceinte.

– L'enceinte de confinement d'un réacteur est une cible dure (murs épais de béton armé) opposée à un projectile mou pour l'essentiel, hormis les moteurs, car un avion est principalement composé de structures non rigides (carlingues, ailes...).

– La probabilité qu'un moteur, projectile dur, atteigne l'enceinte de plein fouet est très faible. Cela créerait-il une brèche ? Les tests réalisés aux Etats-Unis, au Sandia Laboratory avec un avion F4, projectile compact percutant un épais mur de béton à 774 km/h montrent que les réacteurs n'ont entamé le mur que sur une profondeur de 5 cm.

– Même en faisant l'hypothèse d'une perforation de l'enceinte, les projectiles, ralentis au passage des parois, auraient une énergie moindre et la probabilité qu'ils portent atteinte aux éléments essentiels de la sûreté du réacteur serait très réduite. De même, l'impact d'un projectile sur le bâtiment où les combustibles sont entassés sous un important volume d'eau aurait une incidence limitée.

En conclusion, le crash d'un « avion-sui-

Nucléaire, santé et environnement : quel impact ?

L'impact d'une installation nucléaire sur l'environnement est dû principalement à ses rejets radioactifs, thermiques et chimiques.

CE QUE DISENT LES ENQUÊTES. – Les installations nucléaires sont examinées sous toutes les coutures du point de vue de leur impact environnemental. Chaque année, pour chaque installation, des milliers de prélèvements et d'analyses sont effectués par l'exploitant, les autorités publiques, des laboratoires indépendants : bilans radio-écologiques portant sur le sol, l'herbe, les végétaux, le lait, les denrées agricoles ; analyses sur l'air, la qualité des eaux, sur l'état de la flore et de la faune aquatiques aux abords du site ... Les quantités considérables de données ainsi recueillies en France depuis des dizaines d'années ne mettent en évidence aucune nuisance significative causée à l'environnement. **Exploitée avec la rigueur requise, l'énergie nucléaire préserve les milieux naturels et répond à l'exigence fondamentale du développement durable** (voir Repères 12, 13, 14).

LES REJETS RADIOACTIFS. – En fonctionnement normal, une centrale nucléaire émet des rejets radioactifs liquides ou gazeux. Il s'agit de rejets effectués volontairement provenant des circuits d'épuration et de filtration de la centrale. Les quantités d'effluents que les centrales sont autorisées à rejeter sont établies par les pouvoirs publics à des niveaux très bas écartant en théorie tout risque d'une augmentation significative de la radioactivité naturelle de l'environnement. Dans la pratique, les rejets radioactifs sont très inférieurs à ces normes réglementaires.

Les contrôles et mesures systématiquement effectués ne mettent pas en évidence de marquage du milieu terrestre dû aux rejets radioactifs des centrales. Dans les milieux aquatique et marin, quelques éléments à vie courte sont décelables à de très faibles concentrations (argent, cobalt).

Appliqué aux populations environnantes, l'impact dosimétrique de ces rejets liquides et gazeux conduit à une évaluation inférieure au 1/1000^e de l'exposition résultant de la radioactivité naturelle.

Au total, les études conduites ne permettent pas d'identifier de conséquence dommageable pour l'environnement ou pour la santé des populations due aux rejets radioactifs des centrales nucléaires.

De même, l'impact des rejets thermiques et chimiques sur la faune et la flore aquatiques se révèle négligeable.

UNE ÉNERGIE QUI NE POLLUE PAS. – Pour compléter ce bilan, il convient de mentionner la caractéristique écologique majeure des centrales nucléaires : **elles ne provoquent aucune pollution de l'atmosphère car elles ne rejettent ni gaz à effet de serre (1) ni autres produits polluants** contrairement aux centrales électriques brûlant des combustibles fossiles, charbon, gaz, pétrole. Si l'on prend en compte l'ensemble du parc de centrales nucléaires en France, les rejets évités en un an sont de l'ordre de 350 millions de tonnes de CO₂ (soit environ 100 millions de tonnes de carbone), 2 millions de tonnes de dioxyde de soufre, 1 million de tonnes d'oxyde d'azote et 80 000 tonnes de poussières. A compter du milieu des années 1970, et en vingt ans, les émissions de dioxyde de soufre et d'oxyde d'azote ont été réduites de 70 % ; les émissions de CO₂ ont été réduites de 40 %, alors que la production d'électricité a plus que triplé dans la même période. Pour chaque kilowattheure produit, l'émission de CO₂ est de 426 grammes en moyenne dans l'Union Européenne contre 67 grammes en France. Pour chaque kilowattheure produit, les émissions de CO₂ sont 7 fois moins élevées en France qu'en Allemagne ou au Royaume-Uni, 11 fois moins qu'au Danemark.

LA RECOMMANDATION DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE.

– On connaît encore mal mais on commence à soupçonner, à travers les enquêtes qui se multiplient, les graves conséquences de la pollution atmosphérique sur la santé(2). Il faut noter à ce sujet que les centrales nucléaires

cide » causerait des dégâts très sérieux mais tout indique que ses conséquences vers l'extérieur resteraient limitées.

* Cf. l'étude réalisée en 2002 par l'Electric Power Research Institute à la demande du Département américain de l'Énergie. Et aussi, article « Nuclear power plants and their fuel as terrorist targets », paru dans la revue Science, vol. 297, 20 septembre 2002.

12 Les avantages du traitement/recyclage

La France a choisi de retraiter les combustibles usés après leur séjour en réacteur. Cette politique dite de « traitement/recyclage » a deux avantages majeurs :

– Elle permet de récupérer les matières énergétiques encore utilisables, uranium et plutonium, qui représentent respectivement 95 % et 1 % du combustible usé. Ces matières pourront être recyclées, par exemple dans les combustibles Mox. On évite ainsi le gaspillage de ressources naturelles : un seul assemblage retraité équivaut à une économie de 9000 tonnes de fuel ; un gramme de plutonium peut produire autant d'électricité qu'une tonne de pétrole...

– L'autre avantage du traitement/recyclage réalisé à l'usine Areva de La Hague est de réduire le volume et la durée de vie des déchets nucléaires ultimes (notamment en extrayant le plutonium), ce qui facilite leur manipulation et leur stockage.

13 La Hague et Marina II

L'usine de retraitement de La Hague est couramment dénoncée par les opposants au nucléaire comme une dangereuse source de pollution radioactive du milieu marin. L'enquête internationale Marina II*, réalisée en 2002 dans le cadre de la Convention OSPAR (protection de l'environnement marin dans l'Atlantique Nord Est) enlève toute crédibilité à cette accusation. Cette enquête démontre notamment que :

– ce sont les industries du phosphate, du pétrole et du gaz qui rejettent en mer les plus grandes quantités d'effluents radioactifs, l'usine de La Hague ne représentant qu'une fraction minime du total ;

– les doses de radioactivité dues à l'ensemble des industries de l'Atlantique Nord Est sont 20 fois inférieures à la radioactivité naturelle de l'environnement marin. C'est un mauvais procès que l'on fait à La Hague...

* Voir site : www.europa.eu.int

14 Coûts externes

Il existe un indicateur pour mesurer de façon objective la nuisance d'une source d'énergie. C'est ce que l'on appelle son « coût externe ». Celui-ci quantifie sur le plan économique les atteintes portées aux personnes (accidents mortels, maladies...) et à l'environnement (pollution chimique, émission de gaz à effet de serre...). Le nucléaire est une des énergies ayant le coût externe le plus faible, du même ordre que celui des énergies éolienne et solaire : 0,3 centimes d'euro par kilowattheure. C'est un chiffre nettement plus faible que ceux attribués aux énergies fossiles : 8 centimes pour le charbon ; 2,4 pour le gaz ; 4,9 pour le pétrole*.

Le coût externe minime attribué au nucléaire confirme que cette énergie figure parmi celles dont l'impact est le plus faible, aussi bien pour la sécurité et la santé des personnes que pour l'environnement.

* Chiffres de l'étude « ExternE » réalisée en 1998 par la Commission Européenne.

LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

mises en service en France, depuis les années 1970, en lieu et place des centrales à combustibles fossiles ont agi comme des réducteurs de pollution. Les données disponibles conduisent ainsi au constat que **le nucléaire contribue à diminuer le détritisme sanitaire global subi par la population française du fait de la production et de l'utilisation de l'énergie.**

L'Académie de Médecine a adopté sur ce thème une position tout à fait claire **en désignant la filière nucléaire comme celle ayant « le plus faible impact sur la santé par kilowattheure produit » et en recommandant de « maintenir la filière ».** Cette prise de position, qui n'a pas recueilli beaucoup d'écho dans les médias, a été votée le 1^{er} juillet 2003, en séance plénière, à l'unanimité moins une voix.

Une telle « recommandation », venant de la plus haute autorité médicale du pays, mérite d'être versée au débat.

(1) Sauf des quantités minimes pendant la phase des constructions des installations.

(2) Cf. Enquête de l'Institut National de Veille Sanitaire sur les conséquences sanitaires de la pollution atmosphérique en milieu urbain (2002). Voir aussi les travaux du Colloque « Evaluer les risques pour la santé des choix énergétiques » par l'Académie de Médecine (Paris – juin 2003).

Déchets nucléaires sous contrôle ?

Comme la plupart des activités humaines, l'industrie nucléaire produit des déchets. Leur volume est relativement modeste : sur les quelque 3 tonnes de déchets par habitant produits chaque année en France, on compte 100 kilos de déchets chimiques toxiques et 1 kilo de déchets nucléaires⁽¹⁾. Ces déchets sont dangereux en raison des rayonnements qu'ils émettent. Mais on sait les gérer pour les empêcher de nuire⁽²⁾.

ON SAIT « QUOI FAIRE » DES DÉCHETS NUCLÉAIRES. –

Tous les types de déchets nucléaires ont un parcours et un point d'aboutissement précisément définis. Les déchets à vie courte – qui constituent 90 % de la totalité – sont stockés en surface dans deux centres de stockage gérés par l'Andra, dans la Manche et dans l'Aube. Leur radioactivité globale aura disparu au bout de 300 ans. Ces déchets deviennent donc assez rapidement inoffensifs (ce qui est, il faut le souligner, un avantage par rapport aux déchets chimiques toxiques comme, par exemple, le mercure, l'arsenic, le cadmium... qui, eux, n'évoluent pas et restent toujours dangereux).

Les déchets de haute activité à vie longue – ceux qui présentent le risque potentiel le plus élevé – ne constituent que 0,5 % de l'inventaire⁽³⁾.

Une loi votée en 1991 a défini trois axes d'étude pour la gestion de ces déchets : réduction de leur radioactivité et de leur durée de vie par transmutation de certains éléments qui les composent ; stockage dans des formations géologiques profondes ; conditionnement et entreposage de longue durée en surface. Cette même loi prévoit que c'est en 2006 que les pouvoirs publics devront prendre une décision quant aux modalités concrètes de stockage. Il n'y a en effet aucune urgence à y procéder tout de suite. Toujours est-il que cette absence de décision alimente la rumeur du « on-ne-sait-pas-quoi-en-faire ». **Fausse rumeur. On ne se trouve devant aucune impasse technique pour entreprendre un tel stockage.**

En attendant, ces déchets sont, à l'heure actuelle, vitrifiés, enfermés dans des conteneurs en acier et entreposés dans des puits bétonnés, sur les sites des usines de retraitement. Cette solution est mise en œuvre depuis 20 ans sans qu'il en résulte un quelconque dommage. La prolonger pendant une durée équivalente, voire supérieure, ne pose guère de problème.

STOCKAGE SOUTERRAIN. – Sans préjuger des décisions futures, on peut noter que la solution d'un stockage souterrain à environ 500 mètres de profondeur, dans des couches géologiques stables et imperméables, est envisagée. Cette solution, qui fait l'objet d'un large consensus international ⁽⁴⁾ repose sur le confinement des déchets dans un système rigide et résistant comportant plusieurs barrières superposées. Dans le cas d'un cycle du combustible avec retraitement (cas de la France), le schéma est le suivant : les déchets sont coulés dans un verre spécial (inaltérable sur de très longues durées) qui piège les produits radioactifs. Les blocs de « verre » sont enfermés dans des conteneurs en acier eux-mêmes disposés dans des casemates constituées de matériaux étanches et résistants.

15 Tchernobyl et ses conséquences en France

Les conséquences de l'accident de Tchernobyl donnent lieu aux rumeurs les plus infondées. Les proclamations récentes selon lesquelles l'augmentation des cancers de la thyroïde en France serait due à Tchernobyl ne reposent sur aucune donnée sérieuse. Les enquêtes* montrent au contraire que :

– L'augmentation des cancers de la thyroïde se retrouve dans tous les pays du monde, notamment les Etats-Unis et le Canada, non concernés par le nuage de Tchernobyl.
– Cette augmentation a débuté en 1975, en France, et son taux ne s'est nullement majoré après 1986.

– L'augmentation ne présente aucun gradient Est-Ouest. Au contraire, l'analyse des registres des cancers révèle que l'augmentation est plus forte dans l'ouest de la France, région la moins exposée aux retombées du nuage radioactif.

D'après les médecins et spécialistes de radiobiologie, l'augmentation constatée des cancers de la thyroïde est essentiellement le résultat de l'amélioration des techniques de dépistage et de l'utilisation de l'échographie.

* « Accident de Tchernobyl : le dossier seize ans après. » C'est une étude de référence, très documentée, réalisée par le GR 21, Groupe de Réflexion Energie/Environnement au XXI^e siècle, travaillant dans le cadre de la SFEN. Cette étude disponible sur le site de la SFEN (rubrique « Nucléaire et Société / Accidents ») s'appuie sur les enquêtes conduites sous l'égide de l'ONU par l'UNSCEAR, l'OMS, l'AIEA. « Données météorologiques et évaluation des risques en France lors de l'accident de Tchernobyl. Mise au point historique. » Par P. Galle, R. Paulin, J. Coursaget. Académie des Sciences, collection Comptes Rendus, Biologies, 326 (2003) 699-715. Editions Elsevier.

16 Radioactifs « des centaines de milliers d'années »

« Les déchets nucléaires vont rester radioactifs pendant des centaines de milliers d'années... » Cette image, très répandue dans l'opinion, n'est pas fautive en soi mais elle peut aboutir à des interprétations trompeuses. Soulignons d'abord que le fait que les déchets restent longtemps radioactifs n'est pas assimilable à une nuisance effective dès lors qu'ils sont correctement confinés et isolés de la biosphère. L'environnement dans lequel nous vivons est naturellement radioactif. La terre du pot de fleurs, sur notre balcon, contient des traces d'uranium ; elle est naturellement radioactive et le restera pendant des milliards d'années. Notre corps lui-même est radioactif. La vraie question à considérer n'est pas celle de la durée mais celle de l'intensité de la radioactivité. La radioactivité des déchets vitrifiés – ceux dont la durée de vie est la plus longue – décroît fortement après quelques centaines d'années. Et au bout de quelques milliers d'années, elle devient équivalente à la radioactivité naturelle du minerai d'uranium dont nous exploitons les gisements.

Alors, « radioactifs pendant des centaines de milliers d'années », oui, mais à des niveaux de plus en plus faibles et sans commune mesure, à de tels horizons de temps, avec la situation naturelle prévalant dans l'écorce terrestre : celle de nombreuses concentrations d'uranium nettement plus radioactives et qui le resteront pendant des milliards d'années.

LE DÉBAT SUR LA POLITIQUE ÉNERGÉTIQUE

La couche géologique d'accueil (argile, granite...) constitue une barrière supplémentaire de confinement.

Gérés dans ces conditions, les déchets sont isolés de la biosphère et ne provoquent aucune nuisance ni en cas de tremblement de terre (car les mouvements du sol se produisent principalement en surface et le stockage est conçu selon les normes antisismiques), ni en cas d'intrusion ou de forage intempestifs (car la profondeur du dépôt et les barrières aménagées empêchent toute dispersion significative des déchets).

Même en prenant l'hypothèse que les « colis » de déchets se dégradent et que de l'eau vienne au contact des blocs de verre et se charge en radioéléments, le dommage possible résultant de ce scénario – le plus pessimiste envisageable – reste minime. Car il faut tenir compte du fait que la radioactivité des déchets décroît avec le temps (voir Repère 16). Elle sera revenue à des niveaux négligeables au moment où l'eau chargée en radioéléments, retardée dans sa migration par la couche géologique, atteindra des exutoires de surface après un parcours de dizaines de milliers d'années. **Les études françaises et internationales⁽⁵⁾ concordent pour évaluer alors à quelques millièmes de la radioactivité naturelle, pour les « populations les plus exposées », les doses de rayonnement résultant d'un tel scénario... c'est-à-dire un impact bien inférieur à celui de beaucoup de sources radioactives qui existent aujourd'hui dans les régions granitiques.**

Les déchets nucléaires présentent un risque potentiel. Personne ne le nie. Mais prétendre, comme le font certains, qu'ils sont « une menace pour les générations futures » est une outrance qui ne repose sur aucune donnée sérieuse. Pour stocker ces déchets comme pour les transporter, les techniques disponibles offrent des garanties satisfaisantes de sûreté. Il est vraisemblable que l'on parviendra dans un proche futur à « transmuter » ces déchets en des éléments moins radioactifs et à durée de vie beaucoup plus courte, comme le montrent les recherches conduites en ce sens, notamment par le CEA. La question des déchets nucléaires doit être ramenée à sa juste mesure (voir Repère 17). Il faut débattre sur les données réelles du dossier et non sur des fantasmes.

(1). Ceux-ci proviennent principalement des installations nucléaires mais aussi des hôpitaux (médecine nucléaire) et d'autres secteurs de l'industrie.

(2). Sur les déchets radioactifs, voir l'article de R. Carle et L. Patarin : « Les déchets radioactifs : un problème résolu ? » dans la Revue Générale Nucléaire, année 2003, n° 1 janvier-février. Cette synthèse très complète est un texte de référence.

(3) Les déchets à vie longue de faible et moyenne activité représentent 9,5 % du total.

(4). Des projets de stockage souterrain sont notamment en cours en Belgique, aux Etats-Unis, en Finlande, en Suède, en Suisse...

(5). Cf. les études du CEA, de l'ANDRA, de l'IPSN et les exercices internationaux Everest et SPA (stockage de combustibles usés).

Quel futur ?

La menace environnementale à laquelle la planète est confrontée n'est pas radioactive, elle est carbonée. Ce ne sont pas les becquerels qui assombrissent l'horizon mais les gaz à effet de serre. Chaque molécule de CO₂ que nous rejetons dans l'atmosphère va y rester pendant un siècle. Cela veut dire que nous « fabriquons » aujourd'hui le climat que connaîtront nos petits-enfants et arrière-petits-enfants... **Pour leur transmettre un monde vivable, il est impératif de sortir du « tout-fossile » et de développer les énergies non carbonées. C'est la seule voie d'un développement durable et le seul moyen de répondre aux légitimes besoins d'une population en forte croissance. Avec les énergies renouvelables, le nucléaire est appelé à apporter à ce projet sa contribution indispensable.** En quarante ans d'exploitation, il a « fait ses preuves ». Et ceux qui restent figés dans un antinucléarisme aux allures de dogme immuable se trompent, selon nous, de combat, regardant les problèmes énergétiques de demain avec les yeux d'avant-hier. Le nucléaire est une technologie en permanente évolution. Les réacteurs dits de « quatrième génération » – et peut-être la fusion – lui conféreront le caractère d'une énergie durable capable, par une meilleure utilisation des ressources en uranium, de contribuer pendant des siècles à l'approvisionnement du monde en électricité. D'autres déploiements sont à l'étude, tels la production de chaleur à très haute température, la fourniture d'hydrogène ou le dessalement de l'eau de mer. Autant d'applications, écologiques et sociétales, témoignant du large potentiel de l'énergie nucléaire. Un potentiel qui mérite d'être pleinement exploité.

17 Peste ou choléra ?

Lorsqu'on souligne que le nucléaire permet d'éviter le rejet à l'atmosphère de gaz à effet de serre, certains rétorquent qu'échanger des tonnes de CO₂ contre des déchets nucléaires c'est passer de la peste au choléra ! L'équivalence est douteuse. Les déchets représentent un risque improbable, localisé et porteur d'un détrimin minimal. Tandis que la menace de l'effet de serre est d'ores et déjà enclenchée, elle concerne l'ensemble de la planète et est porteuse d'un grave détrimin. Il y a une grande différence entre rejeter dans l'atmosphère des tonnes de CO₂ qui vont contribuer de façon certaine, et sur une durée indéfinie, au changement climatique et garder sous contrôle des déchets radioactifs mis hors d'état de nuire dans leur stockage.

Documentation

A LA SFEN

Une importante documentation est disponible à la SFEN. Voir aussi : le site internet : www.sfen.org et la Revue Générale Nucléaire.

LIVRES

- L'électricité nucléaire - Rémy Carle - Coll. que sais-je ?
- L'énergie nucléaire en 110 questions - Dirigé par Dominique Maillard - Ed. de l'Industrie.
- Quelle énergie pour demain ? Pierre Bacher - Ed. Nucléon.
- Idées reçues : le nucléaire - Pierre Tanguy - Ed. Le Cavalier Bleu.
- Le nucléaire expliqué par des physiciens - EDP Sciences.
- Tout sur l'énergie nucléaire - Bertrand Barré - Ed. Areva.
- Sûreté des centrales et des déchets nucléaires - CSSIN - La Documentation française.
- Le nucléaire, avenir de l'écologie ? - Bruno Comby - Ed. F.-X. de Guibert.
- Faut-il avoir peur des déchets radioactifs ? - Dirigé par Michèle Chouhan - Ed. Andra.

Collection Les petites pommes du savoir :

- Que doit-on craindre d'un accident nucléaire ? - Roland Masse.
- L'énergie nucléaire a-t-elle un avenir ? - Hervé Nifenecker.
- La radioactivité est-elle réellement dangereuse ? - Jean-Marc Cavedon.

DANS LES REVUES

- *Flux* (Supélec), janvier-février 2003, dossier : l'avenir de l'énergie nucléaire.
 - *Science et Vie*, décembre 2003. Hors série : le siècle du nucléaire.
 - *Clefs CEA*, printemps 2002 : les recherches pour la gestion des déchets nucléaires.
 - *La Jaune et la Rouge* (Polytechnique), novembre 2001. Le dossier du nucléaire.
- Et aussi :
- *Contrôle* (revue de l'Autorité de Sûreté Nucléaire - MINEFI).
 - *Vivre EDF* (EDF).
 - *Alternatives* (AREVA).
 - *La Gazette nucléaire* (GSIEN).

SUR INTERNET

DGEMP, www.industrie.gouv.fr
 Autorité de sûreté : www.asn.gouv.fr
 AEN/OCDE, www.nea.fr
 ANDRA, www.andra.fr
 AREVA, www.arevagr.com
 CEA, www.cea.fr
 EDF, www.edf.fr
 AEPN, www.ecolo.org
 ARCEA, www.energetique.net
 Les Verts, www.les-verts.org
 Jean-Marc Jancovici, www.manicore.com
 Ecologie Bleue, www.ecobleue.com
 ENS, www.euronuclear.org
 FORATOM, www.foratom.org