



Le nucléaire censé répondre à l'effet de serre ne résiste pas à la canicule ! On voit ici l'arrosage bricolé à la hâte de la centrale de Fessenheim (Alsace) durant l'été 2003 : la température intérieure ne devait pas dépasser 50°C sauf à endommager des composants électroniques...

Le nucléaire et l'effet de serre

Le nucléaire est-il vraiment un substitut aux énergies fossiles approprié pour lutter contre l'effet de serre ? Cet argument, maintes fois utilisé par les partisans du nucléaire, est ici démonté par **Yves Marignac** et **Vincent Legrand**

Mais l'évidence résiste. Les risques nucléaires et le problème de l'effet de serre peuvent-ils réellement être mis au même plan ? Suffit-il vraiment pour stopper le réchauffement climatique de remplacer les centrales au charbon par des réacteurs nucléaires ? L'acceptabilité et l'efficacité de cette stratégie ne vont pas de soi, bien au contraire.

Pour autant, la question mérite d'être examinée sérieusement. N'en déplaise à quelques sceptiques, un réchauffement global de la planète est en cours. C'est une certitude, et son origine anthropique – l'augmentation brutale à partir du siècle dernier des émissions de gaz à effet de serre – ne fait plus guère de doute. (1) Pas plus que l'ampleur des conséquences probables. Il est donc urgent de s'accorder sur les solutions à mettre en œuvre, sans exclusion a priori.

Il ne peut s'agir de demi-mesures. Nous produisons actuellement chaque année près de 7 milliards de tonnes équivalent carbone (2) (GteC) de gaz à effet de serre. Et peut-être 10 milliards dans quelques

décennies si rien ne vient inverser les tendances actuelles. L'objectif à long terme repose sur deux principes. En premier lieu, une *contraction* globale des émissions mondiales est nécessaire, le niveau « supportable » étant estimé à 3 milliards de tonnes équivalent carbone. Mais aussi, les écarts actuels entre Nord et Sud doivent à terme disparaître, grâce à une *convergence* des émissions par habitant. Ceci implique, en France, de réduire nos émissions annuelles d'un peu plus de deux tonnes aujourd'hui à un peu moins de 500 kg équivalent carbone par personne.

Les risques

Pour répondre à ces objectifs, faut-il recourir au nucléaire ? Pour beaucoup, la question est indécise. La nature très spécifique des risques que cette énergie engendre la disqualifie définitivement. Seul l'arrêt pur et simple du nucléaire peut stopper des dangers, qu'ils ne veulent mettre en balance

La filière nucléaire engendre elle aussi des gaz à effet de serre

Le nucléaire représente seulement 3 % de la consommation totale d'énergie finale dans le monde

avec aucun autre :

- la production de déchets radioactifs pour des millénaires, sans autre solution que leur enfouissement dans des « poubelles » géologiques ;
- le risque de catastrophe majeure, depuis l'accident de Tchernobyl à la menace terroriste sur les sites et transports de matières nucléaires ;

- la prolifération, c'est-à-dire le détournement des programmes nucléaires civils vers des programmes militaires qui n'en sont jamais totalement séparés.

Face à eux, les plus aveugles partisans du nucléaire affirment maîtriser ces risques. Ils réclament « que la société reconnaisse que le nucléaire participe au développement durable », (3) dont il serait même « la quintessence ». (4) La plupart ne conteste pas toutefois que le nucléaire pose un certain nombre de problèmes et parient pour les résoudre sur des concepts de réacteurs avancés pour 2050 (la « Génération IV »), puis sur la fusion vers 2100. Dans l'intervalle, ajoutent-ils, les réacteurs actuels feront l'affaire.

On peut douter du résultat d'une démarche où les meilleurs ingénieurs nucléaires mondiaux définissent, entre eux, les critères du label « développement durable » pour les futurs réacteurs. Ceux qui, dans les années 60-70, ont conçu les réacteurs en exploitation aujourd'hui étaient persuadés qu'ils répondraient à tous nos problèmes. Mais les tares ou les promesses du nucléaire actuel n'y changent rien : face au changement climatique, il se pare de la plus belle des vertus. En effet, au contraire des énergies fossiles, « le nucléaire n'émet pas de gaz à effet de serre ».

L'argument massue est lâché. Dès lors que les risques sont considérés comme maîtrisables et acceptables, il suffit, pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre, de substituer un maximum de nucléaire à la production d'énergie actuelle. Simple en apparence, mais pour quel impact ? En termes d'efficacité, la réduction comptable des émissions connaît d'importantes limites, au moins au nombre de trois.

Substitution limitée

En premier lieu, substitution n'est pas disparition. Il est nécessaire d'évaluer correctement le gain associé au remplacement de productions existantes par du nucléaire. Il faut bien sûr considérer ici, dans une analyse du type « cycle de vie », l'ensemble des émissions liées la filière nucléaire. Celles-ci viennent notamment de son niveau d'auto-consommation d'énergie, dans la phase de production mais également avant ou après. L'enrichissement de l'uranium, la construction des centrales, le démantèlement, les ouvrages de stockage et le refroidissement des déchets hautement actifs peuvent représenter des consommations importantes d'énergie... non nucléaire.

Il convient par ailleurs de comparer des systèmes énergétiques équivalents. Pour le résidentiel, par

exemple, les besoins globaux en énergie correspondent à environ un tiers d'électricité spécifique (non remplaçable par une autre forme d'énergie) et deux tiers de chaleur (cuisson, eau chaude et chauffage). Pour répondre à l'ensemble de ces besoins, la cogénération (production combinée d'électricité et de chaleur) à base de gaz naturel ne génère pas plus de gaz à effet de serre que l'association d'une électricité nucléaire et d'un chauffage central au fioul. (5)

Selon les méthodes et les spécificités régionales, les estimations restent très variables. Avec des niveaux comparables à certaines énergies renouvelables, entre quelques grammes et quelques dizaines de grammes d'équivalent carbone par kWh, les émissions du nucléaire sont inférieures à celles des centrales thermiques classiques, qui se comptent plutôt en centaines de grammes. Mais elles ne sont pas nulles.

Deuxième constat, le nucléaire ne peut se substituer qu'à une part limitée, voire marginale, des productions énergétiques. Tout d'abord, on l'oublie souvent en France, l'électricité ne couvre qu'une fraction des besoins en énergie. De plus, les spécificités du nucléaire (haute technologie, demande en capital élevée, organisation politique, acceptabilité...) ont jusqu'ici restreint son développement. Enfin, la production électronucléaire n'est pas adaptée pour fournir davantage que 50 % de la demande électrique (il fonctionne en base mais suit difficilement les variations vers les pointes de demande). Parmi les 30 pays qui utilisent cette énergie, seuls 4 pays, dont la France avec 78 %, dépassent ce niveau de production.

Rôle mineur du nucléaire

Au final, le nucléaire est cantonné aujourd'hui à un rôle très mineur : avec 441 réacteurs exploités dans le monde, l'énergie nucléaire produit environ 17 % de l'électricité consommée, mais elle représente seulement 3 % de la consommation totale d'énergie finale. (6) On peut, avec des hypothèses sur les moyens de production électrique auxquels le nucléaire existant s'est « substitué », calculer les émissions de gaz à effet de serre virtuellement « évitées ». Celles-ci ne représentent aujourd'hui que 300 à 400 millions de tonnes équivalent carbone (MteC) par an, à comparer aux quelques 6 700 MteC réellement émises (voir Figure 1). (7) Et les émissions mondiales ont été multipliées par 3 depuis l'apparition, en 1957, de la production électronucléaire.

De plus, le gain théoriquement associé à la substitution par du nucléaire se restreint sans cesse, sous l'effet des progrès constants des autres filières, thermique classique ou renouvelables (augmentation des rendements, dépollution à la source pour les productions fossiles, performance économique des renouvelables).

Il faut préciser ici un point méthodologique important. L'énergie nucléaire pose, dans les statistiques énergétiques, un problème de comptabilité spécifique : deux tiers de l'énergie « primaire », produite



Yves Marignac
est directeur de WISE-Paris. Courriel : yves.marignac@wise-paris.org
Vincent Legrand
est chargé d'étude à WISE-Paris. Courriel : vincent.legrand@wise-paris.org
WISE-Paris est une agence de référence, indépendante, d'information, d'étude et de conseil sur l'énergie créée en 1983.
(Coordonnées : voir page 59)



par la fission de l'uranium, sont perdus sous forme de chaleur dissipée, et seul un tiers est transformé en énergie « finale », l'électricité. Pour gonfler la contribution du nucléaire à la lutte contre l'effet de serre, ses défenseurs présentent en général des chiffres calculés sur l'énergie primaire. Ils basent de plus la substitution sur les moyens les plus polluants (centrales au charbon). On utilise ici des calculs plus réalistes, basés sur une équivalence en énergie finale et une substitution par des technologies aux performances moyennes en termes d'émissions.

Pour atteindre l'objectif de ramener les émissions globales à 3 000 MteC, il faudrait, dans les conditions actuelles, multiplier environ par 10 la production d'électricité nucléaire dans le monde, c'est-à-dire disposer en ordre de grandeur de 4 000 réacteurs pour les substituer à des moyens de production existants. Cette vision, compte tenu des risques associés, des tensions politiques existant dans de larges parties du monde, des investissements (plusieurs milliers de milliards d'euros) et des délais de construction, n'apparaît en rien réaliste.

On peut ici noter qu'à l'inverse, le remplacement de l'ensemble de la production électronucléaire actuelle par des technologies de production électrique performantes ne changerait pas la nature du problème du changement climatique. L'arrêt du nucléaire ne représenterait que quelques pourcents d'augmentation des émissions mondiales (3,8 % selon Global Chance (8) avec des centrales gaz naturel modernes à cycle combiné, beaucoup moins encore avec de la cogénération).

La troisième tient à la nature même du processus. La soustraction d'émissions obtenue par substitution n'est pas synonyme de contraction. Celle-ci ne peut venir que d'une action simultanée sur les différents secteurs, et pas seulement l'électricité. Ainsi le secteur des transports, gros consommateur de pétrole, qui représente un quart des émissions mondiales, constitue surtout la moitié de leur augmentation depuis 1990.

Plus encore, une véritable contraction semble hors d'atteinte sans une action volontaire sur la demande d'énergie. Ce constat peut être tiré de l'exemple français. L'historique des émissions en France montre clairement une baisse, importante, entre 1977 et 1985, période d'introduction sur le réseau français de l'essentiel de son parc nucléaire (42 réacteurs sur 58 en exploitation aujourd'hui). Mais cet effort massif, et l'introduction plus régulière ensuite du reste du parc, n'a pas empêché une reprise à la hausse des émissions (voir Figure 2). Au point que la France, malgré ses trois quarts d'électricité nucléaire, n'apparaît pas aujourd'hui en mesure de respecter l'objectif, pourtant modeste, que lui assigne le protocole de Kyoto. (9) Alors qu'elle doit stabiliser ses émissions entre 1990 et 2010, celles-ci atteignaient 106 MteC en 2000, en augmentation de 3,1 % par rapport à 1990.

Modèle de consommation non durable

Le pire pourrait être à venir. On voit mal comment

la France, qui a déjà joué à fond du potentiel de substitution par le nucléaire, pourrait réduire ses émissions en poursuivant dans cette seule voie. Au contraire, ceci passe par un déplacement des priorités. Comme l'a déclaré Nicole Fontaine, ministre de l'Industrie, en conclusion du récent « débat national sur l'énergie », (10) « notre modèle actuel de consommation n'est pas durable. L'histoire nous met devant deux routes : celle du respect de l'environnement et celle de l'explosion énergétique ». C'est pourquoi le gouvernement a fixé l'objectif de « diviser par quatre les émissions de gaz effet de serre en France d'ici 2050 ».

Reste à savoir comment on y parvient. Il n'existe aujourd'hui aucun scénario officiel en France correspondant à cet objectif. Les services du Ministère de l'industrie proposent au contraire une vision dite « tendancielle » de l'avenir, où consommation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre continuent d'augmenter malgré le maintien de l'option nucléaire. Une association d'experts, NégaWatt, a proposé au cours du débat national un scénario alternatif, illustrant une rupture dans notre

Figure 1. Emissions de CO₂ dans le monde et impact de la substitution par du nucléaire au cours du XXe siècle

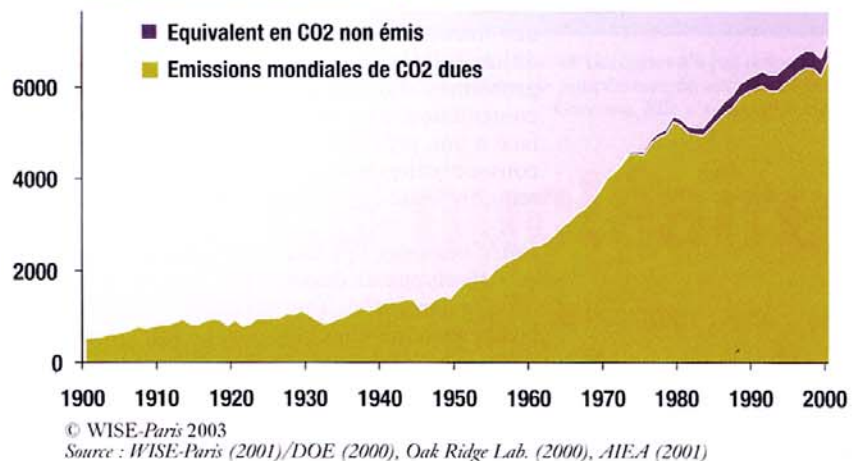
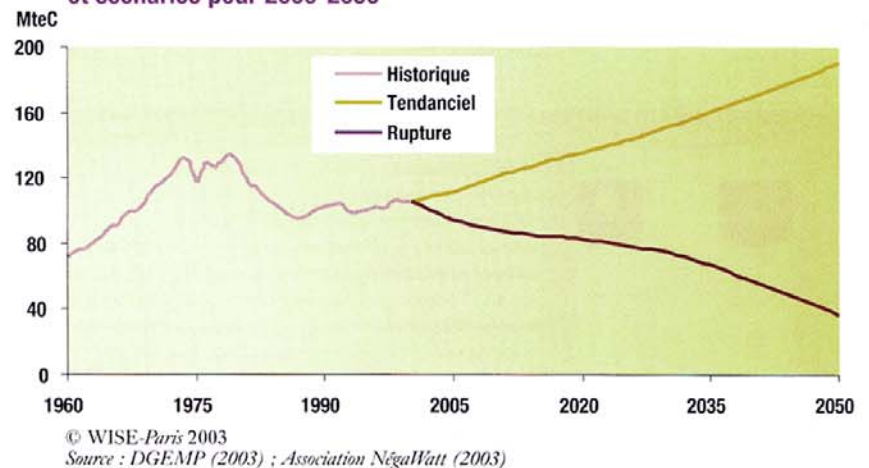


Figure 2. Emissions de CO₂ en France : historique 1960-2001, et scénarios pour 2000-2050



politique énergétique. (11)

La différence entre un scénario tendanciel et en rupture est frappante : les émissions en 2050 atteignent 190 MteC contre 37 MteC. La politique illustrée par le scénario de rupture développe trois axes, aux contributions relativement égales à la réduction des émissions : un tiers sobriété (éliminer les gaspillages), un tiers efficacité (assurer les mêmes services avec moins d'énergie), un tiers renouvelables (réduire les pollutions à la source). Dernier détail : le scénario ne prévoit aucune nouvelle construction de réacteur, le nucléaire s'éteignant à la fin de vie du parc actuel.

Pour réduire significativement les gaz à effet de serre, il faudrait 4 000 nouveaux réacteurs nucléaires dans le monde...

Cette perspective est conforme aux orientations choisies récemment par l'Allemagne et le Royaume-Uni, qui visent des objectifs de réduction semblables de leurs émissions et tournent, explicitement ou implicitement, le dos au nucléaire. Par contraste, d'autres pays gardent l'option nucléaire ouverte pour ne pas modifier

leur mode de consommation. Les États-Unis, avec 30 % de la production nucléaire mondiale et 25 % des émissions de carbone, illustrent le risque d'addition plutôt que de soustraction des deux problèmes. En Europe, la Finlande a décidé la construction d'un cinquième réacteur pour faire face à une prévision de 25 % de croissance de sa consommation électrique d'ici à 2010 plutôt que de remettre cette hypothèse en cause.

Entre ces deux tendances, le gouvernement français développe un discours très singulier de rupture dans la continuité. Tout en appelant à diviser par quatre les émissions de carbone, il entend maintenir le rôle central du nucléaire. Pour Nicole Fontaine, le nucléaire reste indispensable contre l'effet de serre et « *c'est bien entre deux inconvenients qu'il nous faudra choisir* ».

Il n'existe pourtant aucun exemple de pays développant le nucléaire tout en réduisant durablement sa consommation d'énergie. L'impact du nucléaire est en général une réduction de court terme qui n'empêche pas l'augmentation de long terme des

émissions. Ses caractéristiques en ont fait jusqu'ici une composante du mode de développement productiviste, et non une alternative à ce modèle. Le nucléaire provoque des déséquilibres structurels importants qui jouent contre la mise en œuvre de politiques efficaces sur la demande ou le développement des énergies renouvelables.

Il exerce d'abord une forte captation de capitaux humains et financiers, obérant les efforts de recherche et développement ou la capacité d'investissement pour les alternatives. Il impose au secteur électrique une organisation ultra-centralisée, au niveau industriel comme de la structure du réseau, qui gêne l'introduction de productions décentralisées. Il oriente à long terme les politiques d'offre et de demande autour d'une logique d'abondance, conduisant à des aberrations énergétiques comme le développement massif du chauffage électrique.

Les discussions actuelles sur le lancement d'un réacteur, l'EPR, présenté comme la priorité de notre stratégie énergétique, renforcent la crainte d'assister demain à la reproduction des schémas du passé. A une différence près : l'été 2003 a entre temps éclairé une dimension nouvelle du problème. Les tempêtes de 1999 avaient déjà montré la vulnérabilité du nucléaire, avec l'inondation de la centrale nucléaire du Blayais, et du réseau électrique associé. La récente canicule a révélé de nouveaux problèmes du nucléaire face aux manifestations que l'on peut attendre du réchauffement climatique : arrêt de certains réacteurs par manque d'eau, surpollution thermique des fleuves, et même arrosage de la centrale de Fessenheim menacée d'un coup de chaud.

En occultant le débat de fond sur les relations entre nucléaire et effet de serre, la France joue non seulement avec une illusion, mais elle se comporte en apprenti sorcier. ■

Notes

- (1) Voir les publications du Groupe Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (<http://www.ipcc.ch>).
- (2) Par commodité, on rapporte les émissions des différents gaz à effet de serre à une quantité de carbone dans des émissions équivalentes en seul gaz carbonique (CO₂).
- (3) Jacques Bouchard, CEA, Conférence de presse de la SFEN, Paris, 24 avril 2003.
- (4) John Ritch, Directeur général de la World Nuclear Association, Stockholm, 7 octobre 2003.
- (5) Schneider, M., *Changement climatique et énergie nucléaire*, Rapport WISE-Paris pour le WWF, août 2000. Voir <http://www.wise-paris.org>
- (6) Statistiques BP de l'énergie, 2003.
- (7) Les émissions « évitées » sont calculées pour une production équivalente émettant 250 geC/kWh dans les années cinquante, et 150 geC/kWh aujourd'hui.
- (8) Global Chance, *Petit mémento énergétique*, janvier 2003.
- (9) Le Protocole de Kyoto, dont le caractère contraignant est suspendu à une ratification de plus en plus incertaine, impose aux pays industrialisés une réduction globale de leurs émissions de 5,2 % entre 1990 et 2010.
- (10) Discours de clôture du Débat national, Paris, 24 mai 2003.
- (11) Voir le site de l'association, www.negawatt.org, et l'article dans ce même numéro pages 40-44.



Quel sera le changement climatique dans les décennies à venir ? Quelles conséquences sur le Gulf Stream ? La montée des eaux ? Les écosystèmes ? Et surtout que faire pour éviter la catastrophe ? Autant de questions auquel répond ce bref et limpide « guide d'initiation » sur le réchauffement climatique, rédigé par Fred Pearce, journaliste scientifique, également contributeur à *The Ecologist*.
Le réchauffement climatique, Fred Pearce, Pearson Education France, coll. Focus Science, 2003, 72 pages, 8,95 €. Adresse : 47 bis rue des Vinaigriers, 75010 Paris.