

■ Deuxième volet de notre série sur les conséquences de la crise au Japon

# Sortir du nucléaire, un scénario crédible

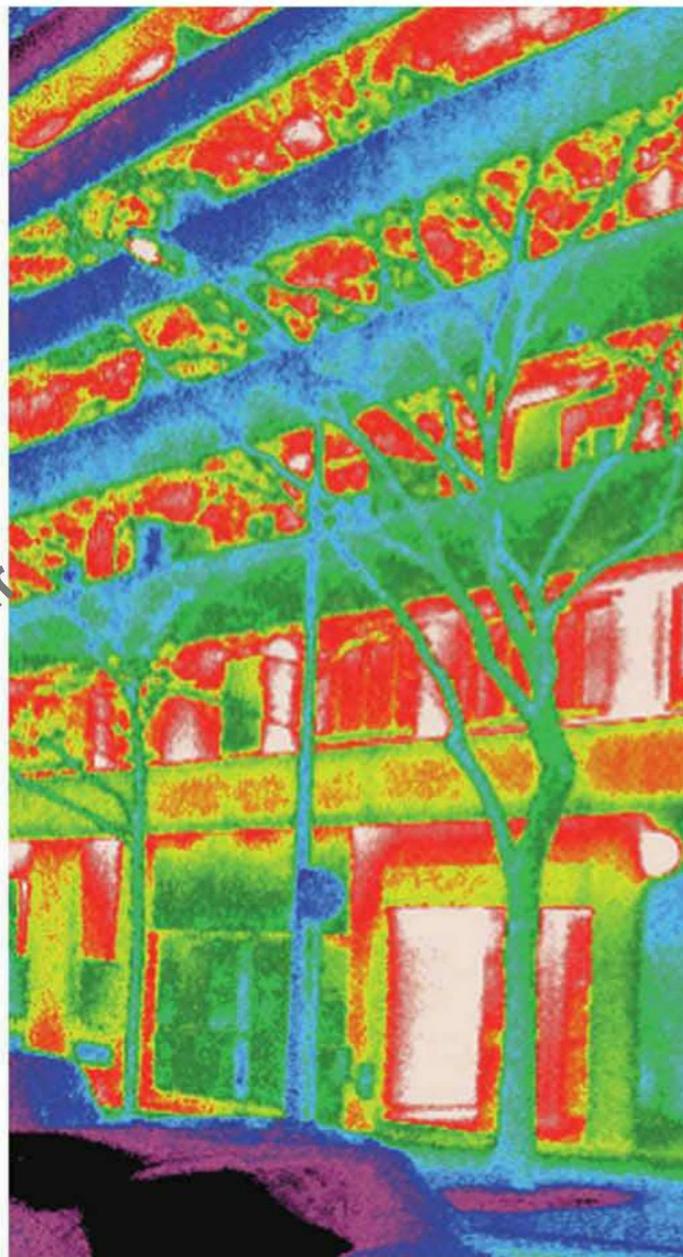
*L'examen des économies d'énergie réalisables et des sources de production de substitution montre que rien ne s'oppose en France à un abandon de l'atome à l'horizon 2050.*

**Continuer dans la voie** de l'atome, comme la France a réaffirmé qu'elle le ferait au lendemain de la catastrophe de Fukushima, a un coût. Exorbitant. Plus de 200 milliards d'euros pour que le pays puisse s'équiper d'une quarantaine d'EPR d'ici à 2050, en remplacement des 58 réacteurs actuels arrivés progressivement en fin de vie. Telles étaient les conclusions, qu'il faut avoir en tête, de notre précédente enquête (*lire S. et A. n° 773, pp. 72 à 78*). Ce mois-ci, nous nous interrogeons sur les scénarios de sortie du nucléaire. Est-ce seulement possible ? Avec quelles énergies de remplacement ? A quel coût ?

Les débats passionnés prêtent souvent à la caricature. « *C'est le retour à la bougie !* » protestent les uns alors que les autres attribuent parfois aux énergies renouvelables des potentiels extravagants. Deux pays européens ont pourtant sauté le pas : l'Italie qui, par référendum, a réaffirmé son rejet de l'atome en juin et surtout l'Allemagne, qui a pris des engagements pour que sa dernière centrale stoppe toute activité d'ici à 2022. Ils vont servir de laboratoires aux autres nations. Et si la France, à son tour, faisait le saut ? Pour mieux comprendre ce

scénario – que les échéances électorales pourraient mettre à l'ordre du jour dès mai 2012 –, nous nous sommes procuré les données de toutes les grandes institutions, entreprises et associations impliquées (AIE, Cler, Ademe, Areva, CEA, EDF, RTE, Global Chance, Sortir du nucléaire, etc.). Pour nous rendre compte que, sous cette avalanche d'informations, se cachent des données éparpillées, contradictoires – notamment en termes de coût – et, surtout, sans recoupement ni mise en perspective. C'est l'association négaWatt, composée d'experts de l'énergie et du bâtiment, qui semble à ce jour avoir établi le scénario le plus cohérent et le plus ambitieux, prenant surtout en compte un élément généralement minoré : les gisements d'économies d'énergie possibles, sans entraîner ni privation ni perte de confort. Ce sont donc ces travaux qui servent de base à notre analyse. Et notre conclusion, comme vous le lirez peut-être avec étonnement, est sans équivoque : rien, techniquement ni financièrement, ne s'oppose à une sortie du nucléaire. Seule la volonté politique tranche. Explications.

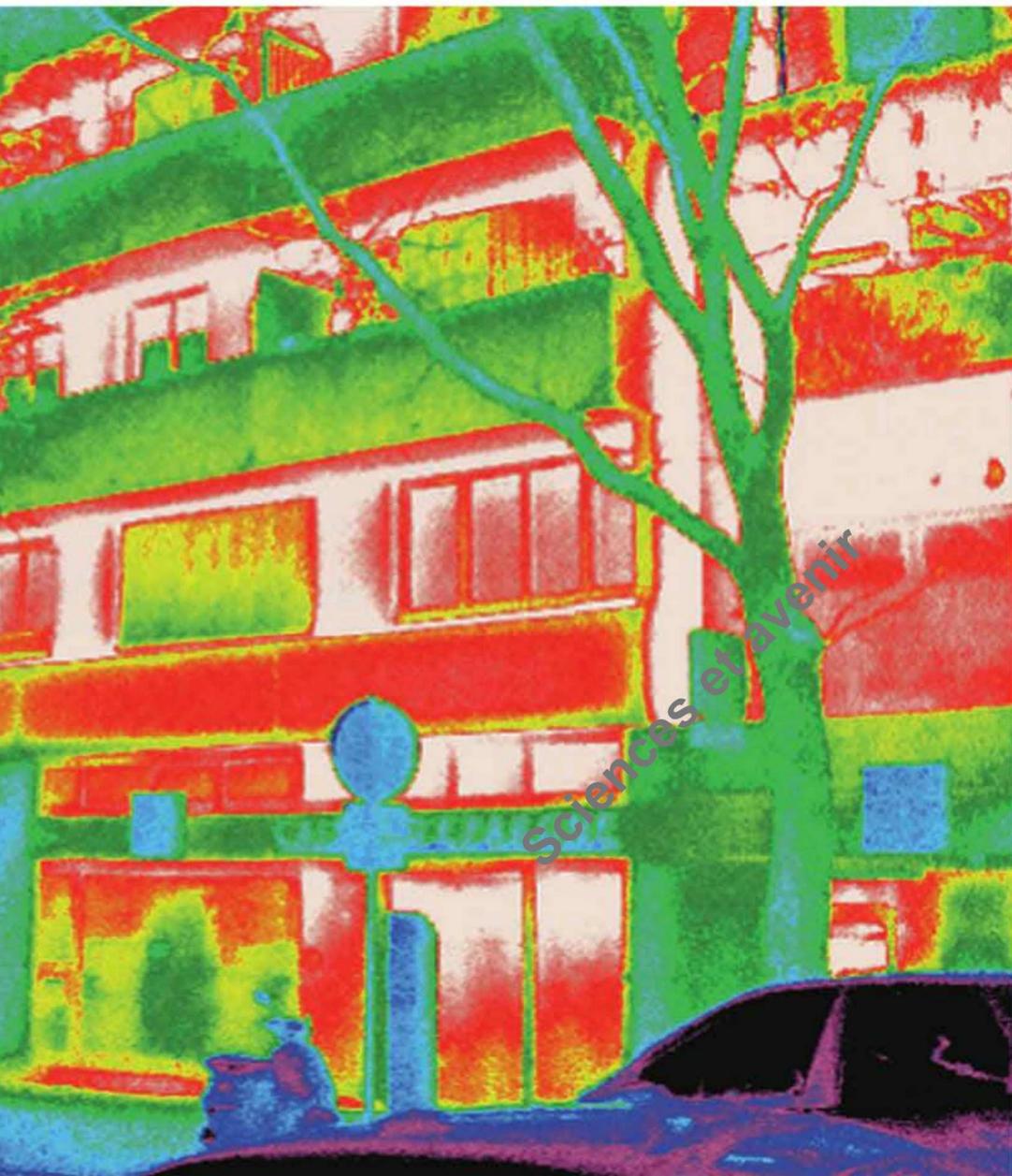
**Carole Chatelain**



Un usage plus sobre de l'énergie est le premier levier d'action (ici, une image infrarouge thermique montrant les déperditions de chaleur).

## 1 On peut réaliser

**Selon les scénarios** les plus élaborés, étudiés depuis 2001 par négaWatt, un *think tank* de 25 experts et praticiens de l'énergie et du bâtiment, la France pourrait réaliser d'ici à 2050 de 50 à 64 % d'économies d'énergie. Un résultat qui aboutirait *de facto* à l'abandon progressif de l'énergie nucléaire, avec à la clé des créations d'emplois et des avantages en termes d'environnement, de réduction des risques et de santé publique. Utopique ? rien n'est moins sûr. D'abord parce que négaWatt est une association reconnue, forte d'un ré-



les cadres photo numériques... Ces suppressions permettraient de diminuer la consommation de 0,2 à 0,4 % par an selon le type et les secteurs concernés. Soit 48 térawattheures (voir *Lexique*) économisés en 2020, 88 TWh en 2030 et 167 TWh en 2050, ce dernier chiffre représentant un tiers de la consommation française pour 2010 (513,3 TWh). Ce qui est donc loin d'être anecdotique. Ensuite, il faudrait faire preuve d'une plus grande efficacité, en utilisant mieux l'énergie grâce à des technologies les plus économes possibles dans tous les domaines : bâtiments, appareils du froid, chauffage, etc. Sans pour autant être contraints de « retourner à la bougie ». Car, là encore, le gain potentiel serait significatif, de l'ordre de 194 TWh/an en 2030 et 326 en 2050. « Il est possible de réduire d'un facteur 2 à 5 nos consommations d'énergie à l'aide de techniques déjà éprouvées », explique Thierry Salomon.

### Le bâtiment en première ligne

Des pistes se dessinent. On pourrait ainsi passer à 50 kWh d'énergie primaire (voir *Lexique*) par mètre carré et par an pour le chauffage et l'eau chaude des bâtiments neufs, soit la performance des BBC (bâtiments à basse consommation) obligatoires depuis 2010 pour les maisons individuelles et à partir de 2012 pour les bâtiments du tertiaire (bureaux, hôpitaux). On pourrait aussi édifier des maisons passives ne consommant que 15 kWh/m<sup>2</sup>/an ou construire, à partir de 2020, des bâtiments à énergie positive, capables de produire autant d'énergie qu'ils en consomment, grâce notamment à une conception bioclimatique : tenir compte de l'orientation solaire diminue ainsi de 15 à 30 % les besoins de chauffage. Rénover les bâtiments les plus énergivores pourrait aussi figurer parmi les priorités, notamment pour les 16,1 millions de logements construits entre 1945 et 1975 et dévorant 400 kWh d'énergie primaire par m<sup>2</sup> et par an (*lire le hors-série Sciences et Avenir n° 161, janvier 2010*). Isolation extérieure, parois opaques, installation de solaire..., le rythme à tenir serait de 400 000 rénovations dans l'ancien chaque année, ce qui est l'objectif du Grenelle de l'environnement. Cette mesure permettrait d'économiser 40 millions de tonnes d'équivalent pétrole (voir ●●●

## de 50 à 64 % d'économies d'énergie

seau de plus de 500 membres dont 250 professionnels. Et parce qu'elle parie uniquement sur des technologies disponibles ou proches de l'être, requérant donc principalement une volonté politique forte pour être mise en place. « Les gisements sur lesquels nous nous appuyons – c'est-à-dire l'énergie non consommée grâce à un usage plus sobre et plus efficace – représentent 70 % de la consommation tendancielle [voir le *Lexique* p. 72 et le schéma p. 73], détaille Thierry Salomon, président de négaWatt. Sur 10 kilowattheures de

*besoins énergétiques tendanciels, sept peuvent être produits par des "négawatts" (watts économisés et non produits) et les trois autres par des équipements de production. »*

### Chasse aux gaspillages

La sobriété est le premier levier d'action de négaWatt. Elle passe par la suppression des gaspillages absurdes – individuels et collectifs – comme ces lampadaires boules qui éclairent d'abord... le ciel, ces vitrines illuminées toute la nuit malgré un arrêté de 1979 ou ces gadgets énergivores tels

ITC-AERODATA-APUR

●●● *Lexique*) par an et assurerait la création de 300 000 emplois permanents selon négaWatt. D'ici à 2050, la consommation moyenne du parc résidentiel et tertiaire pourrait ainsi être réduite à 50 kWh par m<sup>2</sup>, soit une économie de 60 %. Remplacer également tous les chauffages et les chauffe-eau électriques – qui représentent près de 70 % de la consommation énergétique des bâtiments existants –, voilà les principaux chantiers à accélérer. Par ailleurs, « la combinaison de solutions telles que le changement de lampes énergivores (en cours) ou la pose de variateurs de tension, peut aboutir à des économies de l'ordre de 70 % », souligne Carole Horlaville, du Centre scientifique et technique du bâtiment.

### Repenser le parc électrique

Les réductions d'énergie passent aussi par la remise à niveau de la totalité du parc électrique, avec des appareils ménagers plus sobres et un nouvel étiquetage énergétique, plus ambitieux. Tous devront être « éco-conçus », équipés de système de mise hors tension automatique et de système de veille ne consommant pas plus de 0,1 watt à terme. Selon négaWatt, les économies potentielles seraient de 76 TWh/an dès 2020 et 118 TWh/an en 2030. Les organisations non gouvernementales, relayant la campagne Coolproducts visant à instituer de nouvelles normes en Europe, affirment que les industriels sont d'ores et déjà capables de concevoir des appareils (téléviseurs, décodeurs) consommant jusqu'à 50 % d'énergie en moins ! Elles ciblent également les moteurs élec-

## Il existe une vie (presque) sans nucléaire

**D**es territoires français visant l'autonomie énergétique existent déjà. Ainsi, dans les Côtes-d'Armor, la communauté de communes (CC) de Mené ambitionne d'être alimentée à 100 % par des énergies renouvelables. Cette région rurale de sept communes pour 6500 habitants met à contribution... le lisier de porc. Après dix ans d'efforts, Mené a inauguré récemment Geotexia, une unité de traitement de 35 000 tonnes de lisier et 40 000 tonnes de déchets agroalimentaires qui vont produire 13 millions de kWh par an vendus à EDF et 6000 tonnes d'engrais azotés. La CC est déjà parvenue à produire 25 %



Représentation en 3D de l'usine Geotexia, dans les Côtes-d'Armor.

d'énergie renouvelable en ajoutant notamment à la nouvelle usine deux réseaux de chaleur. En 2020, Mené devrait ainsi être à 73 % autonome grâce notamment à l'implantation d'éoliennes construites en partie grâce à la participation financière des habitants.

Cinq autres collectivités engagées dans la même voie se sont ralliées aux Bretons pour essayer leurs pratiques : « Nous avons décidé de ne compter que sur nous-mêmes », résume le maire de Saint-Gouéno, l'un des villages de la CC, Jackie Aignel. **L. C.**

Sciences et avenir

triques (robots, volets roulants, machines-outils...) – responsables de 70 % de la consommation du secteur industriel et de 40 % de celles du secteur tertiaire – dont les plus vétustes, les plus énergivores pourraient être remplacés par des moteurs à aimants, plus performants.

On pourrait enfin construire les futures centrales électriques près des centres urbains, afin de favoriser les systèmes de cogénération (récupération de la chaleur pour le chauffage) qui présentent le meilleur rendement

énergétique. Actuellement, en raison notamment de l'éloignement, les pertes du système électrique de la France s'élèvent à 84 millions de tonnes d'équivalent pétrole d'après *Les Chiffres clés de l'énergie 2010* publiés par le ministère de l'Ecologie. Soit 50 % de l'énergie finale consommée en France ! Mais un tel rapprochement, proposé par la Commission européenne le 22 juin, est difficilement compatible avec le nucléaire, pour des raisons de sécurité.

**Rachel Mulot**

## Les chiffres du nucléaire

### ► 75,6% de l'électricité

sont aujourd'hui produits par le nucléaire en France.

### ► L'équivalent de 50%

de la consommation finale d'électricité est perdu chaque année par le système électrique français dont la chaleur n'est pas utilisée.

### ► 12,4% de la consommation

finale d'énergie provenaient d'énergies renouvelables en France en 2009.

### ► 46% de la consommation

énergétique nationale sont dus au secteur du bâtiment résidentiel et tertiaire.

### LEXIQUE

#### CONSOMMATION TENDANCIELLE :

consommation finale d'électricité estimée (transports et chauffage électrique inclus) si l'on poursuit sur les bases actuelles. 910 TWh en 2050 (contre 300 TWh en 2000).

#### ENERGIE PRIMAIRE CONSOMMÉE :

quantité prise dans la nature pour mobiliser l'énergie, la transformer et la transporter.

#### ENERGIE FINALE CONSOMMÉE :

quantité d'énergie mesurée au compteur (électricité, gaz, pompe à essence) du consommateur.

#### UN MÉGAWATTHEURE (MWH)

égale 1000 kilowattheures (kWh).

#### UN TÉRAWATTHEURE (TWH)

égale 1000 000 de MWh ou 1 000 000 000 kWh.

## 2 Solaire, éolien, biogaz..., un potentiel productif énorme

En 2050, à condition d'avoir développé les économies d'énergie et opté pour l'efficacité énergétique, nous ne consommerons plus que 416 wattheures annuels d'électricité, contre 910 annoncés si nous ne modifions pas nos habitudes. Cela autorisera la satisfaction de la quasi-totalité de nos besoins avec des énergies renouvelables, sans recours à l'énergie nucléaire, selon le dernier scénario négaWatt disponible (voir le schéma ci-dessous). Leur production doit toutefois être multipliée par 4,5, en pariant sur les technologies d'aujourd'hui qui devraient beaucoup s'améliorer d'ici là. Les 416 TWh nécessaires seraient ainsi fournis par un mélange d'énergies renouvelables : environ un quart d'intermittentes seulement (15,1 % de solaire, 9,5 % d'éolien), le reste par biomasse (11,8 %), éolien offshore (9,5 %) ou géothermie (6 %). Dans ce scénario, les énergies fossiles comptent encore pour 17,8 %. « Pour autant, nous ne couvrons pas la France d'éoliennes et de capteurs solaires ! s'amuse Thierry Salomon, en réponse aux critiques. Nos évaluations sont raisonnables. »

La France serait-elle capable d'opérer une telle adaptation ? On sait le peu de place que le pays a accordé jusqu'alors aux énergies alternatives, le gouvernement ayant encore réaffirmé récemment sa volonté de rester sur sa ligne des 70 % de nucléaire à l'inverse de l'Allemagne (lire l'encadré p. 74). Un rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur



RAPHAELHELLESIGNATURES

l'évolution du climat (Giec), publié en mai, estime pourtant que « 80 % de l'approvisionnement mondial en énergie pourraient être assurés par des sources d'énergie renouvelable d'ici au milieu de ce siècle si l'effort était soutenu par des politiques publiques adéquates ». Car tout dans ce domaine est affaire d'efforts consentis... Sur le papier, la France a pris des engagements ambitieux : réduire de 20 % sa demande d'énergie et faire passer à 23 % sa part de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables d'ici à 2020. On en est loin. En 2010, la part d'électricité re-

La centrale photovoltaïque d'Avignonet-Lauragais (Haute-Garonne) de 4,5 mégawatts est située au même endroit qu'un parc éolien. C'est le premier site de production d'énergie renouvelable mixte en France.

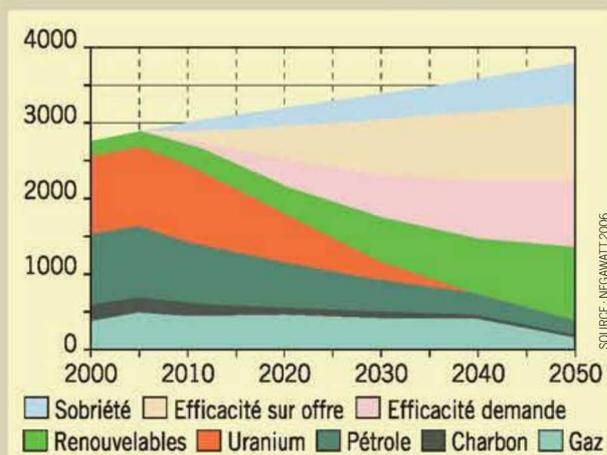
nouvelable n'a atteint que 14,6 % alors qu'elle était de 15 % en 1997. « Il faut impérativement accélérer », plaide Jean-Louis Bal, président du Syndicat des énergies renouvelables (SER).

### Photovoltaïque, le coup d'arrêt

Ainsi, côté solaire photovoltaïque, il serait possible, selon négaWatt, d'atteindre 63 TWh/an d'ici à 2050 (contre 0,5 TWh/an estimés en 2010) simplement en posant des panneaux photovoltaïques sur les façades et les toitures, sans même construire de centrales solaires ni empiéter ●●●

### Un changement radical

Ce graphique montre l'évolution du volume des différentes ressources en énergie primaires en France si l'on adopte une politique forte d'économies. Ainsi, la part du nucléaire (en orange), qui représentait un tiers des énergies primaires en 2000, diminue jusqu'à disparaître en 2040. Tandis que les énergies renouvelables (en vert) finissent par assurer plus de 60 % de la production. Le plus gros gisement, en 2050, concerne les économies d'énergie en négawatts, c'est-à-dire les watts non produits.



SOURCE: NEGAWATT 2006

### Pour en savoir plus

@ [www.negawatt.org/](http://www.negawatt.org/)

[www.cler.org/info/spip.php?rubrique601](http://www.cler.org/info/spip.php?rubrique601)

[www.coolproducts.fr/Accueil-](http://www.coolproducts.fr/Accueil-)

[www.global-chance.org/](http://www.global-chance.org/)

[www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/index.php?id=5](http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/index.php?id=5), le Service de l'observation et des statistiques (Commissariat général au développement durable).

<http://alaingrandjean.fr/>

●●● sur les sols. Avec 1026 mégawatts installés fin 2010, la France semblait sur la bonne voie. Mais, éfrayée par ce succès jugé coûteux, elle a, en mars, réduit l'accès aux tarifs d'achat subventionnés et limité la croissance à 500 MW par an (*lire S. et A. n° 770, avril 2011*), mettant à mal toute la filière. Les industriels du SER estiment malgré tout que la baisse des coûts des panneaux et l'augmentation de leur productivité devraient permettre au solaire d'être rentable sans subventions dès 2015.

### Éolien, biomasse, géothermie... la France peut mieux faire

Pour l'éolien terrestre, on pourrait tripler le nombre d'installations en quarante ans pour atteindre une puissance installée de 20 gigawatts en 2050. Or « nous sommes très en retard », regrette Jean-Louis Bal, qui désespère de ne compter à ce jour que 3500 éoliennes érigées pour une capacité de 6000 MW, soit à peine 2 % de la production électrique du pays. Tous les espoirs se tournent donc vers l'éolien offshore (en mer), qui devrait passer de 0 (actuellement) à 30 GW en 2050, selon négaWatt. Mais un seul appel d'offres a été lancé permettant de définir cinq zones d'im-



FREDERIC WAGOT/REA

plantation en Manche et en Atlantique.

Si l'on poursuit cette revue de détail, on s'aperçoit qu'au moins un secteur n'est actuellement en mesure d'atteindre les objectifs pourtant techniquement à portée des industriels. Ainsi, la biomasse (valorisation de résidus et déchets) stagne à 10 TWh aujourd'hui alors que son potentiel de production

**La centrale géothermique expérimentale de Soultz-sous-Forêts (Bas-Rhin), qui dispose d'une puissance de 1,5 MW, utilise la technique des roches fracturées.**

est estimé à 49,2 TWh/an en 2050, toujours selon négaWatt. Seules 13 installations ont vu le jour en France (*lire l'encadré p. 72*) contre 4850 en Allemagne. Même constat pour les filières dites émergentes comme la géothermie, dont le potentiel est de 25 TWh/an en 2050. Pourtant, le Massif central, le couloir rhodanien et l'Alsace sont des régions favorables.

## Comment l'Allemagne s'en sort

L'Allemagne a décidé en juin que la dernière centrale nucléaire cessera de produire en 2022. Avec des objectifs ambitieux : 35 % d'énergies renouvelables en 2020, 50 % en 2030, 60 % en 2040 et 80 % en 2050. Ce plan fait l'objet d'un large consensus politique et populaire outre-Rhin. Pour parvenir à ses fins, l'Allemagne compte sur les économies d'énergie. La consommation d'électricité devra baisser de 10 % d'ici à 2020 et 1,5 milliard d'euros par an sont prévus d'ici à 2014 pour la rénovation des bâtiments. Côté production, 5 milliards d'euros sont budgétés pour dix parcs éoliens offshore. Les réseaux électriques seront rénovés. Pour financer l'ensemble, une contribution de 10 € sera prélevée sur la facture mensuelle d'électricité de chaque ménage en complément d'un fonds « énergie-climat » abondé par un impôt payé par les producteurs d'énergie nucléaire puis par la vente de quotas de

CO<sub>2</sub> qui devrait rapporter 3,5 milliards d'euros par an. Pour les partisans du nucléaire français, asseoir son approvisionnement électrique sur des sources « intermittentes » serait un leurre. Faux, répond l'Agence pour les énergies renouvelables de Berlin – dépendant du ministère de l'Environnement allemand – qui a mené une étude sur une centrale électrique virtuelle composée uniquement de sources renouvelables : « Avec les prévisions météo, nous avons regardé si la production satisfaisait à la demande au long de l'année, en attribuant au biogaz un rôle central d'adaptation de la production à la demande. Notre démonstration est tout à fait positive », explique Undine Ziller, chargée de communication de l'agence. Les sceptiques pointent également le risque d'une baisse de capacité qui entraînerait des achats massifs d'électricité nucléaire en France. Faux, répond à son tour Christian Hey, secrétaire général du Conseil d'experts sur

l'environnement auprès du gouvernement allemand : « Depuis 2004, c'est la France qui achète de l'électricité à l'Allemagne, pas l'inverse ! » Ainsi, en 2009, selon RTE, l'Hexagone a bien exporté 7,2 milliards de kilowattheures vers l'Allemagne mais en a importé plus du double, soit 19,2 milliards de kWh. La faute principalement au chauffage électrique qui fait grimper la consommation au record de 100 gigawatts alors que l'Allemagne ne dépasse pas 80 GW. Qui plus est, en mai, seules quatre centrales nucléaires allemandes sur 17 ont fonctionné. Selon l'Institut Fraunhofer, les installations solaires bénéficiant de bonnes conditions météo les ont suppléées en fournissant au maximum d'ensoleillement à midi une puissance de 13,2 GW soit l'équivalent de dix centrales nucléaires. **L. C.**

[www.ise.fraunhofer.de/news/news-2011/solar-power-plants-deliver-peak-load](http://www.ise.fraunhofer.de/news/news-2011/solar-power-plants-deliver-peak-load)

Selon les calculs du BRGM, la mise en exploitation géothermique de 3 % de la surface de l'Alsace sur un kilomètre d'épaisseur entre 4500 et 5500 mètres de profondeur pourrait assurer une production électrique équivalente à celle d'une dizaine de centrales nucléaires pendant plusieurs décennies. Depuis juin 2010, une centrale expérimentale d'une puissance de 5 MW fonctionne dans le Haut-Rhin. Seule la production par grand hydraulique (barrages) semble avoir atteint son plafond avec 65 TWh/an, même si on peut encore légèrement l'augmenter grâce à la micro-hydraulique.

### Rationaliser le stockage et la distribution

Il reste un dernier point sur lequel on peut agir pour réduire la facture électrique : envisager une nouvelle façon de stocker et de distribuer l'électricité produite par les énergies renouvelables, par définition alternatives et décentralisées. Pour cela, une révolution autant technique que mentale est nécessaire. « *Plutôt qu'une production de masse d'une grosse chaudière distribuée sur de longues distances par des lignes à haute tension, il faut imaginer des sortes de cellules de production à l'échelle de territoires bien délimités favorisant la consommation locale, connectées entre elles pour pallier les variations de la production* », imagine Julien Robillard, expert des réseaux de distribution. Réseaux et compteurs intelligents, stockage de l'électricité dans les véhicules électriques ou les armoires de froid des supermarchés, rôle actif du consommateur, telles seraient les nouvelles règles à mettre en place au cours des décennies à venir. Les deux logiques peuvent d'ailleurs se compléter, comme le montre l'exemple allemand : à la production décentralisée des éoliennes et panneaux photovoltaïques prônée par les Verts d'outre-Rhin, s'ajoutent les projets centralisateurs qui verraient s'interconnecter à l'échelle du continent européen et des pays du Maghreb, les parcs éoliens offshore de la mer du Nord et les grandes centrales solaires à concentration du Sahara (*lire Sciences et Avenir*, n° 761, juillet 2010).

Loïc Chauveau et R. M.

## 3 On peut arrêter d'ici à 2030-2050

Si le scénario négaWatt est tenu, les centrales nucléaires françaises pourraient être arrêtées en fin de vie – soit au bout de trente ou quarante ans – sans être remplacées. La consommation d'électricité serait stabilisée à son niveau de 1994, sans sacrifice : grâce aux gains de l'efficacité, le « service rendu » sera le même. La production d'électricité peut dès lors ralentir régulièrement jusqu'en 2030 ou 2050, échéance à laquelle les énergies renouvelables

prendront totalement le relais. Ne subsiste qu'une faible consommation d'énergies fossiles (de 400 TWh en 2000 à 74 TWh en 2050).

Le scénario négaWatt 2011, qui paraîtra à l'automne, les élimine complètement, à l'exemple de travaux menés dans d'autres pays, notamment au Danemark, sur des hypothèses de transition énergétique. Se posera bien sûr le problème du démantèlement que nous aborderons le mois prochain.

## 4 La facture grimperait de 6 à 10 centimes par kWh

L'équation financière comprend... pas mal d'inconnues. Pour la résoudre, il faut connaître les coûts de production actuels de chaque source d'électricité (nucléaire, gaz, solaire...), estimer leur évolution d'ici à 2050 et chiffrer les investissements nécessaires. Puis il faut comparer le résultat à celui induit par une politique de poursuite du nucléaire. Alain Grandjean, cofondateur du cabinet de conseil Carbone 4 et conseiller de la Fondation pour la nature et l'homme, l'a fait. Et il a choisi deux hypothèses « extrêmes » : dans l'une, il établit que la consommation sera stabilisée à 476 TWh en 2050, produits par 80 % de nucléaire. Dans l'autre, il imagine que la consommation est abaissée à 310 TWh et que le nucléaire a disparu. Pour l'économiste, la facture globale est plus « salée » dans le scénario « nucléaire » (70 milliards d'euros contre 50). Mais, rapportée au kWh – et donc à la facture individuelle –, c'est le contraire : + 5 centimes pour le pre-

mier contre + 10 centimes pour le second. Mais les économistes sont loin d'être d'accord entre eux. Benjamin Dessus, spécialiste de l'énergie et cofondateur de l'association Global Chance, table ainsi sur + 7 centimes pour un scénario incluant le nucléaire contre + 6 à 9 centimes pour l'autre.

La différence entre les deux approches s'explique surtout par des hypothèses divergentes concernant le nucléaire qui font varier le prix du mégawattheure entre 60, 80 ou 105 €. La première estimation (60 €/MWh) correspond à celle de l'Agence internationale de l'énergie pour des réacteurs nouveaux du type de l'EPR. La seconde (80 €/MWh) est celle d'Alain Grandjean qui tient compte d'une « prime de risque » et du passage à la génération nucléaire suivante. « *Aujourd'hui, l'assurance payée par EDF est quasi nulle. Après Fukushima il est à prévoir que cette prime augmente. On passerait de 0,06 € à 6 € par* » ●●●

**Le mois prochain : Le casse-tête du démantèlement, troisième volet de notre série.**

### Coût de l'électricité en 2050 suivant les scénarios (en euros/MWh)

1 MWh = 1 mégawattheure = 1000 kWh

	Alain Grandjean*	Benjamin Dessus**
Thermique classique	150	105/150
Nucléaire	80	105
Hydraulique	30	30
Eolien terrestre	80	80
Eolien offshore	180	120/180
Photovoltaïque	150	100/150

\* Cofondateur du cabinet de conseil Carbone 4 et conseiller de la Fondation pour la nature et l'homme. \*\* Spécialiste de l'énergie et cofondateur de l'association Global Chance

●●● *MWh* », détaille Dominique Finon, économiste du CNRS au Centre international de recherche sur l'environnement et le développement (Cirad). D'où des surcoûts que Benjamin Dessus chiffre, lui, plutôt à 20 € de plus. A cette facture, il faut aussi ajouter les efforts financiers d'investissements pour économiser l'énergie. Là encore les deux experts ne sont pas d'accord. En cause, le coût des économies d'énergie. Entre 300 et 700 milliards d'euros pour Alain Grandjean, moins de 10 milliards pour Benjamin Dessus. « *Le prix du kWh économisé varie de 1 à 100 selon les systèmes. Je me suis placé dans la fourchette haute, Benjamin Dessus a choisi la basse* », constate Alain Grandjean, qui publiera une prochaine estimation en construisant un mélange des différentes méthodes d'efficacité énergétique, ce qui resserrera bien entendu l'écart entre les deux scénarios.

En revanche, les deux économistes sont d'accord pour pointer les inconnues liées aux investissements sur le stockage et le réseau électrique, qui devra s'adapter à la multiplication de sources locales et intermittentes d'énergie. Il faudra davantage de câbles mais aussi d'« intelligence » dans la gestion du réseau pour prévoir, par exemple, les durées d'ensoleillement et la puissance des vents mais aussi anticiper les compensations à opérer en cas d'arrêt des sources renouvelables. RTE, le transporteur français d'électricité, a déjà prévu d'investir un milliard d'euros pendant dix ans pour s'adapter à cette montée en puissance, à rapprocher du 1,2 milliard qu'il investit chaque année pour le renfort de son réseau existant. « *Une étude britannique avait estimé que le coût du réseau, qui compte pour 5 à 10% du coût de production, augmente avec la part des renouvelables intermittents. A 40 %, cela coûte 50 % de plus qu'en dessous de 10 %* », rappelle Philippe Menanteau, du Lepii/Eden, à Grenoble. Une seule chose est certaine : le coût de l'électricité augmentera quoi qu'il arrive. « *Ce prix est tendanciellement à la hausse. L'ouverture des marchés en France va le faire monter, car il reste inférieur de près de 25 % à la moyenne européenne* », conclut Alain Grandjean.



KOJISAHARA/APSIPA

# Au Japon, la colère des paysans de Fukushima

**Toshihide Kameta** et Shimpei Murakami partagent le même sentiment : la colère. Ces deux paysans japonais ont tout perdu le 11 mars à cause de la centrale nucléaire de Fukushima-Daiichi, gravement endommagée par le tsunami provoqué par le séisme qui a frappé le Japon. La radioactivité libérée par les réacteurs a rendu leurs terres inexploitable. Avant la catastrophe, ils figuraient parmi les rares militants antinucléaires au Japon. Aujourd'hui, ils témoignent. A Paris, en mai, invités à la Fondation maison des sciences de l'homme (FMSH), ils ont dénoncé le manque d'information sur la radioactivité, l'exil, la douleur, la vie à réinventer.

« *Je vais continuer à me battre* », martèle Toshihide Kameta, 62 ans, président de la Confédération des paysans de Fukushima, une coopérative indépendante. Il avait quatre hectares de rizières et de champs et 1200 m<sup>2</sup> de serres à Minamisoma, à



Tous comme ces agriculteurs de Fukushima, qui manifestent le 26 avril à Tokyo contre Tepco (en haut), Toshihide Kameta et Shimpei Murakami ont tout perdu, leurs terres irradiées ne pouvant plus être exploitées.

moins de 20 kilomètres de la centrale, ce que l'on appelle la « zone rouge », aujourd'hui interdite (*lire S. et A. n° 772, juin 2011*). Il y pratiquait une agriculture « raisonnée » en modérant l'usage des engrais et pesticides. Il s'est réfugié avec son épouse et sa mère dans la ville de Koriyama, à 40 km de sa ferme, où il loue un appartement. Il est revenu une fois sur ses terres en avril, pour mesurer la radioactivité par ses propres moyens : 3,5 microsieverts/heure dans l'air, à 1 mètre du sol, soit 30 millisieverts par an, 30 fois plus que la dose annuelle de radioactivité artificielle fixée par l'Organisation mondiale de la santé. « *On ne pourra pas y retourner avant dix ou vingt ans* », estime-t-il, malgré les difficultés manifestes rencontrées pour obtenir les données. Il est en effet très difficile de se procurer des compteurs Geiger. « *Il n'y en avait même pas dans la région de Fukushima avant la catastrophe, à cause du mythe de la sécurité entretenu par Tepco, l'opérateur de la centrale* », dénonce Toshihide Kameta. Ce printemps, il n'a pas pu vendre ses choux, épinards et brocolis, impropres à la consommation. « *Dès qu'ils voient la mention de provenance "Fukushima", les consommateurs se détournent des*

Un réseau de solidarité se met lentement en place entre la France et le Japon

produits, même s'ils sont sains, déplore-t-il. *Tepeco et l'Etat doivent assumer nos pertes* ».

Les premières indemnités des familles évacuées ont commencé fin avril, celles des paysans et des pêcheurs fin mai. 8700 € environ maximum par foyer. Une rente mensuelle de 870 € par personne sur six mois serait à l'étude par le gouvernement. En attendant, Shimpei Murakami, 53 ans, n'a aucun revenu. Il vivait avec sa famille à Iitate, à 40 km de Fukushima. Le restaurant macrobiotique tenu par son épouse était approvisionné en produits de sa ferme. Il démarrait la construction d'un éco-village... Un rêve brisé net. Iitate a subi des retombées radioactives importantes. Un ami a réalisé des analyses sur son exploitation : « 7,2 microsievverts/heure dans l'air, 15 au sol, et 10 microsievverts/h dans les premiers dix centimètres de terre. Je ne pourrai pas retravailler avant au moins trente ans ! » Il a trouvé refuge à 700 km au sud-ouest de Fukushima, dans le département de Mie. C'est là que l'association de fermiers bio Aino Kai (Amour de l'agriculture) a organisé le logement de familles de paysans sinistrés. Tous les efforts de ces agriculteurs pour promouvoir un rapport durable à la terre ont été réduits à néant. Toshihide Kameta et Shimpei Murakami vendaient ainsi directement une large partie de leur production, selon le principe du Teikei, un système qui a inspiré le mouvement français des Amap (Association pour le maintien d'une agriculture paysanne). Désespérés, plusieurs de ces paysans se seraient suicidés, selon les médias japonais.

Des réseaux de solidarité se mettent lentement en place au Japon, mais aussi à l'étranger. Ainsi, Hiroko Amemiya, chercheuse à l'université de Rennes et à la Maison franco-japonaise de Tokyo\*, souhaite accueillir des familles dans des « fermes d'accueil » en Bretagne, avec le soutien de la Fondation de France. Shimpei Murakami, lui, va chercher des terres dans sa région d'adoption. Auparavant, il a décidé de donner des conférences pendant un an au Japon sur l'impact de la catastrophe. Pour Toshihide Kameta, nul doute : « *Agriculture et nucléaire sont incompatibles.* » **Jean-François Haït**

\*Ministère des Affaires étrangères - CNRS.

## L'ACTUALITÉ DU NUCLÉAIRE

### ► Avis favorable pour Fessenheim

La plus ancienne centrale française, Fessenheim (Haut-Rhin), construite en 1977, a reçu début juillet un avis favorable de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) pour que son exploitation soit prolongée de dix ans, sous plusieurs conditions. D'abord, il faudra attendre le résultat des « *évaluations complémentaires de sûreté* » (« stress tests ») que toutes les centrales françaises doivent passer d'ici à la mi-septembre. Ces évaluations visent à estimer la résistance des centrales aux inondations, séismes, pertes d'alimentation en eau ou électricité, et cumul de l'ensemble de ces incidents. Ensuite, il faudra que Fessenheim bénéficie de travaux importants : renforcement du radier, le socle de béton situé sous la cuve, afin qu'il résiste mieux à un éventuel percement et à la coulée de combustible fondu ; installation des « *dispositifs de secours permettant d'évacuer rapidement la puissance résiduelle en cas de perte de la source froide* ». Autrement dit, il faudra prévoir un autre réservoir d'eau sur le site. La centrale avait en effet déclenché un plan d'urgence interne en 2009 à la suite d'une perte de débit de l'alimentation en eau causée par des « *débris végétaux* ». Ces travaux devront être effectués respectivement avant juin 2013 et décembre

2012. Un chantier qui, selon *Les Echos*, pourraient se chiffrer à 100 millions d'euros. Quelques jours plus tôt, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (Opecst) avait rendu son rapport d'étape sur la « *sûreté nucléaire* ». « *La sécurité n'a pas de prix. Elle a un coût* », a rappelé son président, Claude Birraux. « *La transparence exige que ce coût soit connu* », a-t-il ajouté, rappelant ainsi que la filière pâtit encore d'une certaine opacité. Le rapport recommande à l'ASN de faire un bilan annuel des coûts liés à la sûreté. Il demande aussi la mise sur pied d'une « *arrière-garde* », dotée de moyens mobiles afin d'intervenir rapidement en cas d'accident. Il s'inquiète du recours important à la sous-traitance et regrette l'absence de suivi médical des ouvriers « *nomades* ». De plus, il déplore le manque de préparation en cas de crise, les exercices étant trop courts et l'information mal répartie. Un second rapport est en préparation sur l'avenir de la filière nucléaire en France. Par ailleurs, le ministre chargé de l'industrie, Eric Besson, a demandé au transporteur d'électricité, RTE, d'étudier dans son bilan prévisionnel annuel (qui sera publié fin juillet) un scénario de décroissance du nucléaire à l'horizon 2030». **D. L.**



Pour être exploitée encore dix ans, la centrale de Fessenheim doit entreprendre d'importants travaux.

### ► Des ouvriers soumis à de fortes doses

Sur 3500 employés ayant passé des visites médicales au Japon, 124 ont reçu une dose supérieure à 100 millisievverts – considérés comme le seuil à partir duquel le risque de cancer augmente ; le seuil réglementaire était de 20 mSv, relevé à 250 mSv par les Japonais. Deux ont dépassé les 600 mSv. Selon Alain Rannou, de l'IRSN, il y a 3 % de risque supplémentaire de cancer pour une telle dose.

### ► L'installation de traitement des eaux fonctionne

Après une mise en route chaotique, l'usine de décontamination de l'eau fonctionne sur le site de la centrale japonaise à raison de quelques heures par jour (*lire S. et A. n° 773, juillet 2011*). Au 24 juin, dix jours après la mise en service, 2500 tonnes d'eau avaient été traitées (pour une capacité théorique de 1000 tonnes/jour) alors que plus de 110 000 tonnes s'accumulent dans divers endroits de la centrale. Il faut en effet toujours injecter régulièrement de l'eau dans les réacteurs 1, 2 et 3 et dans la piscine du réacteur 4. Tepco prévoit de couvrir après l'été le réacteur 1 d'un toit souple afin de limiter les rejets dans l'atmosphère.