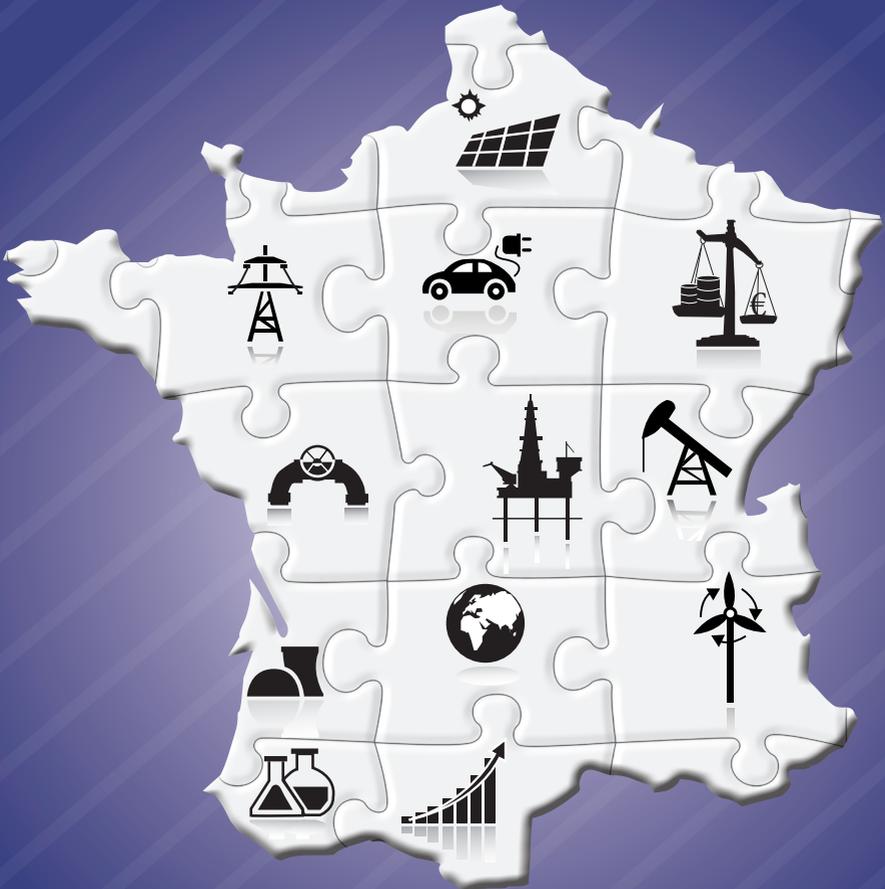


DEFIS ENERGETIQUES 2012

Petit précis à l'attention des candidats et des électeurs



AVANT-PROPOS

Surconsommation, radioactivité, inflation, dépendance... Passion et confusion entourent la question des énergies, particulièrement depuis l'accident de la centrale nucléaire de Fukushima au Japon.

En quelques mois, l'énergie s'est installée avec intensité au coeur de la campagne présidentielle. Déjà un certain nombre de sujets ont été débattus, quelquefois superficiellement et de façon polémique, mais souvent avec sérieux. L'effort d'explication en direction des citoyens doit se poursuivre pour que les débats s'ouvrent dans de bonnes conditions.

L'énergie est un sujet qui mérite d'être placé au premier plan. Elle a un impact direct sur nos paysages, notre porte-monnaie, notre environnement quotidien. L'énergie est capable d'assurer ou de bloquer le développement mondial, de conforter ou de menacer notre indépendance, capable aussi de faire déraiper le climat. Dans notre pays, à qui une agence de notation a retiré en janvier 2012 son triple A, elle est l'une des clés de la réduction des déficits commerciaux, de la compétitivité des entreprises, de l'emploi.

La population mondiale vient de dépasser la barre symbolique des 7 milliards d'êtres humains. Comment répondre aux besoins de tous sans détruire la planète ? En France, quelque 3,4 millions de ménages sont en situation de « précarité énergétique ». Quelle politique de l'énergie mettre en place pour amplifier la croissance et donc éviter cette paupérisation ?

Les pages qui suivent partent d'un constat : même si des mesures drastiques d'économie sont prises, même si les pays émergents ne commettent pas les mêmes erreurs que le monde dit « riche », la planète aura besoin de beaucoup d'énergie dans les décennies à venir. En même temps, il faut la sauvegarder et ne pas la réchauffer...

Aucune énergie n'est « idéale ». Toutes ont leurs avantages et leurs inconvénients. Il faut mettre en valeur les premiers et réduire les seconds. L'intelligence humaine et les innovations techniques permettent de relever ce défi. Mais si l'irrationnel s'empare des citoyens-électeurs, si des intérêts particuliers, politiques ou économiques, font « monter la sauce », alors les mauvaises décisions sont garanties.

Ce petit livre (*) s'adresse symboliquement aux candidats à l'élection présidentielle et aux élections législatives. Mais il a également pour ambition de permettre à tous, politiques, entreprises et citoyens, d'échanger de manière éclairée et rationnelle sur ce sujet si sensible et passionné.

() Défis énergétiques 2012 a été rédigé par Yves de Saint Jacob, journaliste, co-auteur avec le Pr Jacques Foos du livre **Peut-on sortir du nucléaire ?** (Ed. Hermann).*

SOMMAIRE

- p. 1 - Avant-propos – Une adresse aux candidats
-
- p. 5 - Petit quiz d'introduction
-
- p. 6 - Le monde a besoin de toutes les énergies
-
- p. 10 - Une énergie « made in France »
-
- p. 12 - Le bel avenir des énergies renouvelables
-
- p. 18 - N'enterrons pas les énergies fossiles !
-
- p. 20 - L'aventure de l'« or noir » continue
-
- p. 22 - Vers un âge d'or du gaz
-
- p. 24 - Le nucléaire, indispensable « mal aimé »
-
- p. 26 - Le mix, creuset des énergies
-
- p. 28 - La révolution des réseaux électriques
-
- p. 30 - Les réserves d'emplois de l'énergie
-
- p. 32 - Le casse-tête du prix de l'énergie
-
- p. 34 - Transports, habitat et modes de vie
-
- p. 38 - Conclusion – Entreprises : le devoir de convaincre
-

CONNAISSEZ-VOUS LES REPONSES À CES QUELQUES QUESTIONS SIMPLES ?

En France, quelle est la part du nucléaire dans le mix énergétique global ?

- 7 %
- 18 %
- 75 %



Combien faut-il d'éoliennes pour produire autant d'énergie qu'un réacteur nucléaire EPR ?

- 400
- 2 000
- 15 000



Le barrage des Trois Gorges en Chine produit autant que

- 2 EPR
- 11 EPR
- Plus de 30 EPR



Combien d'appareils électriques (y compris piles et ampoules) possède une famille de cinq personnes ?

- Moins de 100
- Entre 100 et 200
- Entre 200 et 300



Quelle est la principale source de production d'électricité dans le monde ?

- Le gaz
- Le charbon
- Le nucléaire



Jusqu'à quelle profondeur (mer + sous-sol) peut-on pomper du pétrole off-shore ?

- 1 500 m
- 2 800 m
- 6 000 m



Quel est le montant de la facture annuelle d'hydrocarbures importés par la France ?

- 12 milliards d'euros
- 48 milliards d'euros
- 60 milliards d'euros



Quelle est la population d'animaux qui émet le plus de méthane ?

- Les vaches
- Les termites
- Les baleines



SI VOUS AVEZ TOUT JUSTE, LISEZ QUAND-MEME LES PAGES QUI SUIVENT !
IL Y A PLEIN D'AUTRES CHOSES SURPRENANTES...



LE MONDE A BESOIN DE TOUTES LES ENERGIES

La population mondiale vient de franchir la barre symbolique des 7 milliards d'êtres humains. En 2050, nous serons entre 9 et 10 milliards. Et peut-être 15 milliards en 2100 si le contrôle des naissances dans certains pays faiblit un tout petit peu. En 1900, nous étions 1,65 milliard.

Ces femmes et ces hommes, plus nombreux, sont aussi plus exigeants. En Chine, en Inde, au Brésil, dans ces pays « émergents », les habitants consomment, voyagent, équippent leurs maisons. Ils aspirent à la santé, à l'éducation, au bien-être.

Or tout se mesure en énergie. Mettre au monde un enfant, étudier, cultiver la terre, irriguer, commercer : au bout du bout, il y a toujours des kilowatts-heure. Il va en falloir beaucoup...

- Une femme qui porte son enfant pendant neuf mois et qui accouche sans assistance médicale « consomme » 90 kWh. La même qui accouche avec un suivi moderne (examens réguliers, échographies, hospitalisation...) a besoin de 4 000 kWh.
- L'enfant qui étudie dans un village en Inde a besoin de livres et de professeurs, mais aussi d'électricité pour faire ses devoirs le soir. Or souvent, il y a un seul générateur qui marche une heure après le coucher du soleil, sur la place du village.
- L'eau ne sera pas un problème si on dessale l'eau de mer. Mais pour produire les 65 milliards de m³ d'eau douce supplémentaires dont le monde a besoin chaque année, il faut une énergie égale à celle produite par 65 000 éoliennes géantes.

Les projections des économistes parlent d'un doublement de la consommation en 2050. Est-ce bien réaliste ? Si l'on continue au rythme enregistré au cours du XXe siècle, la progression sera une multiplication par 3. Au rythme enregistré pendant les dix premières années de ce siècle, une multiplication par 5. Le monde va manquer d'énergie en 2050, même si des efforts d'économie considérables sont engagés partout, et notamment dans les pays « riches ».



Le saviez-vous?

Chaque jour, la planète compte 225 000 habitants supplémentaires qui vont consommer environ 22 500 MWh de plus par 24 h. Cela équivaut à la production électrique quotidienne d'un réacteur nucléaire de taille moyenne.

Il faudra couvrir la terre d'éoliennes et de parcs solaires, innover dans la captation des énergies de la mer et de la terre, gérer la biomasse intelligemment, mais aussi poursuivre le nucléaire, exploiter les hydrocarbures de schiste et chercher le pétrole plus profondément. **Ce n'est pas une course folle... Il est tout à fait possible d'y parvenir de façon maîtrisée.**

Nous ne pouvons pas en effet développer ces énergies sans nous préoccuper de l'impact sur l'environnement et sur la température de la planète. Pendant un siècle, cette préoccupation a été très largement absente. Tout devait s'effacer devant l'industrialisation, moteur unique du progrès.



Quand les discours ne s'embarrassaient pas d'écologie...

Un homme d'affaires de Chicago disait en 1894 que « les fumées sont l'encens qui brûle sur les autels de l'industrie ». Un écrivain soviétique s'écriait en 1926 : « Laissons la fragile poitrine verte de la Sibérie se couvrir de la carapace en ciment des villes, s'armer des bouches en pierre des cheminées d'usine et se barder des ceintures en acier des chemins de fer. »

Un best-seller mondial a été, en 1962, à l'origine de la prise de conscience environnementale. Dans *Printemps silencieux*, Rachel Carson montra comment le développement sans précaution pouvait détruire la biodiversité. Trente ans plus tard, en 1992, le sommet de Rio établit un lien entre les émissions de « gaz à effet de serre » (GES), notamment le CO₂ et le méthane, et le réchauffement constaté de la planète. En 1997, le protocole de Kyoto établit les premiers objectifs chiffrés.



La France, bon élève de la classe climatique

🔴 **Un seul chiffre** : en 2050, il faudra diviser par deux les émissions mondiales de GES, par rapport à 1990, pour ne pas dépasser en 2100 une augmentation moyenne de 2°C au dessus des niveaux de l'ère pré-industrielle. On n'en prend pas le chemin ! Le rapport 2011 de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit une hausse de 20 % des émissions de CO₂ d'ici à 2035, donc une trajectoire de plus de 3,5°C... A ce niveau, la planète prend le risque d'une montée du niveau des mers et de dérèglements climatiques sévères.

L'Europe a affiché une ambition particulière, avec la règle des 3x20. D'ici 2020, réduire de 20 % les émissions de CO₂, avoir une part d'au moins 20 % d'énergies renouvelables dans le mix général, améliorer de 20 % l'efficacité énergétique.

L'Europe fait du zèle, alors qu'elle est déjà beaucoup plus vertueuse que les Etats-Unis. Un Américain émet un peu moins de 20 tonnes de CO₂ par an, quand un Européen en émet autour de 8. Et si l'Europe est si vertueuse, c'est notamment... grâce à la France. Le Français produit par an autour de 6 tonnes de CO₂, quand l'Allemand en produit autour de 10.

La raison de cette bonne note de la France réside dans la part importante de sa production d'électricité nucléaire. Si l'on prend en compte les émissions liées à la seule production électrique, la France émet 90 grammes de CO₂ par kWh, l'Europe 362 et les Etats-Unis 549...



Insolite

Le termite pèse moins d'un gramme, mais c'est un gros émetteur de méthane, un gaz 23 fois plus nocif pour l'atmosphère que le CO₂. Les quelque 240 millions de milliards de termites (chiffre estimé !) émettent 30 millions de tonnes de méthane par an. L'ensemble du bétail de la planète produit entre 80 et 100 millions de tonnes de méthane. Sur un total annuel d'émissions de 500 millions de tonnes.

Le chemin est loin d'être terminé. Après les résultats décevants des réunions de Copenhague et de Durban, la communauté internationale sera de nouveau au pied du mur en juin 2012 au sommet Rio+20, qui marquera le 20e anniversaire du sommet de la Terre de 1992 et le 10e anniversaire de celui de Johannesburg, au cours duquel le président Jacques Chirac avait lancé sa célèbre mise en garde, « notre maison brûle et nous regardons ailleurs. »

La France sera bien représentée à Rio+20. Le Comité 21 travaille depuis plusieurs mois pour préparer ce sommet. Il réunit plus de 400 parties prenantes concernées en France : entreprises (multinationales et PME), collectivités (des communes aux régions), associations, institutions, établissements d'enseignement supérieur et médias.

Entrez dans les débats sur l'énergie !

Pour ne pas être perdu, il suffit de six petits mots...

Trois sont des préfixes que tout le monde connaît :

- ▶ **kilo** (k) = mille
- ▶ **méga** (M) = million
- ▶ **giga** (G) = milliard

On passe de l'un à l'autre en multipliant par mille.

Trois sont propres à l'énergie :

- ▶ le **watt**, et donc le kilowatt (1 000 watts)
- ▶ le **kilowatt-heure** (kWh), que l'on visualise bien sur son compteur électrique
- ▶ la **tonne d'équivalent pétrole** (tep)

Attention, il ne faut pas confondre la puissance et l'énergie produite...

1 kW, c'est la **puissance** d'une petite machine à laver.

1 kWh, c'est l'**énergie** consommée par cette machine à laver qui tourne pendant une heure. Si elle tourne un an : 8 766 kWh. Un Français consomme en moyenne par an une énergie de 35 000 kWh.

La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité qui a été créée par les économistes pour comparer les énergies de toutes sources. C'est la quantité d'**énergie** que fournit une tonne de pétrole en brûlant. 1 tep = 11 628 kWh. Mais on passera rarement de l'un à l'autre. La tep est surtout employée dans les analyses macro-économiques.



UNE ENERGIE

« MADE IN FRANCE » ?

L'énergie et le climat sont des affaires planétaires qui dépassent les frontières et doivent être abordées de manière multilatérale. Il n'empêche que chaque pays a intérêt à limiter au maximum sa dépendance à l'égard des importations de pays tiers : pour équilibrer sa balance commerciale, défendre l'emploi de ses citoyens et assurer sa sécurité.

C'est en 1973 que le monde prit conscience de l'arme que représentait l'énergie, en l'occurrence le pétrole. Réagissant à la fin de l'étalon-or et prenant prétexte de la guerre avec Israël, le cartel de l'OPEP augmenta massivement les prix du pétrole et contingenta la production. Le monde développé découvrit sa fragilité. La France prit la décision de développer la filière nucléaire.

En janvier 2009, suite à un conflit tarifaire, Moscou coupa le robinet de gaz à l'Ukraine. Par contre-coup, l'approvisionnement de plusieurs pays d'Europe s'en ressentit aussitôt. Curieux paradoxe : l'Europe occidentale a accru sa dépendance au gaz russe... en cherchant à réduire ses fournitures de pétrole après les chocs des années 1970 !

Les Etats-Unis de Barack Obama ne s'y sont pas trompés : ils mettent en valeur les ressources nationales comme le gaz de schiste, le charbon ou le pétrole de leurs eaux territoriales. Une énergie locale peu chère persuade déjà les entreprises américaines de se relocaliser dans leur pays.

Aux menaces géo-politiques se sont ajoutés deux dangers : la crise de la dette et la perspective de récession. Assurer la sécurité énergétique devient un élément clé pour réduire les déficits et pour relancer la croissance, la compétitivité des entreprises et l'emploi, grâce à de nouvelles filières de production. C'est la traduction, dans le langage de l'énergie, du « made in France » industriel.

Pour la France, la situation est simple : sa facture énergétique sur un an a dépassé en octobre 2011 les 60 milliards d'euros, essentiellement en raison de la hausse du prix du pétrole. Elle était de 22 milliards en 2002.

En 2011, la France a enregistré un déficit commercial proche de 70 milliards d'euros. Il est ainsi à peu près égal à la facture énergétique du pays.

En France, comment les diverses sources d'énergie passent-elles l'examen de passage ? Si tant est, bien sûr, que les Français acceptent l'exploitation de ces ressources...

► **Le vent et le soleil** sont par définition des sources locales. Encore faut-il que les équipements ne dépendent pas d'importations. C'est malheureusement le cas dans le secteur solaire où la Chine s'est imposée comme le premier fournisseur, à bas prix, des modules photovoltaïques. Dans l'éolien, de grands groupes français sont devenus des producteurs importants de turbines. Un savoir faire utilisable aussi dans les énergies marines.

Le décollage chinois

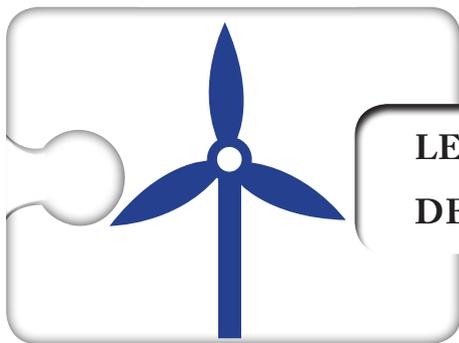
Le watt photovoltaïque (dit watt-crête) est fabriqué par les Chinois à un coût de 1 euro. En France, il est autour de 1,40 euro. En 2004, la plus grande entreprise chinoise de modules était au niveau de la plus grande entreprise française. Aujourd'hui, la première produit 1 250 MW, la seconde 70 MW. Grâce à ses réserves monétaires, la Chine a investi massivement.

► **La géothermie** est par définition attachée aux sols, et la France dispose de plusieurs zones exploitables de façon industrielle.

► **La biomasse** est utilisée pour le biogaz ou les biocarburants. Grand pays agricole, la France a la capacité, si elle le veut, d'assurer une production, sans recourir aux importations brésiliennes ou américaines de produits finis.

► **Les énergies fossiles** sont un enjeu décisif. La France en produit depuis plus de 50 ans. Le gaz de Lacq commença à être utilisé en 1951 et le premier gisement de pétrole fut exploité à Coulommès, dans le bassin parisien, en 1958. Mais les réserves de pétrole et de gaz de roche-mère sont considérables. Encore faudrait-il évaluer les réserves et examiner leurs conditions d'exploitation.

► **Le nucléaire** avait été développé pour améliorer l'indépendance énergétique du pays. Il continue de remplir cette fonction et constitue en outre une source d'exportation du savoir-faire français, génératrice de revenus.



LE BEL AVENIR DES ENERGIES RENOUVELABLES

Tout le monde est d'accord pour le développement des énergies renouvelables ! En tout cas sur le principe, pas toujours sur l'endroit où placer les éoliennes, les parcs solaires ou les installations géothermiques. Ces énergies, qui représentent aujourd'hui 12% du mix mondial, vont occuper une place grandissante : autour de 20% en 2035 selon divers scénarios de l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

Les énergies renouvelables sont des énergies dont la ressource est inépuisable (le soleil, le vent, la force des mers ou la chaleur de la Terre) ou qui se reconstituent rapidement au fur et à mesure de leur utilisation, comme la biomasse.

La plus ancienne, et donc la plus présente aujourd'hui, est la force hydraulique, symbolisée par les barrages, qu'ils soient gigantesques comme celui des Trois Gorges en Chine ou d'Assouan en Égypte, ou plus petits mais nombreux comme ceux des montagnes européennes. Avec quelques inconvénients majeurs : la nécessité d'annexer de vastes surfaces pour la retenue d'eau, les perturbations souvent apportées à l'hydrologie et à l'agriculture en aval, les ruptures rares mais toujours meurtrières.



Chine : les Trois Gorges

Construit sur le fleuve Yangtsé, dans la province de Hubei, le barrage des Trois Gorges alimente la plus grande centrale électrique du monde, d'une puissance de 18 200 MW, six fois la capacité de toutes les centrales hydroélectriques du Rhône. Mais il a fallu déplacer 1 200 000 personnes qui résidaient dans 20 villes et 1 000 villages.



L'éolien

La plus récente et la plus prometteuse des énergies renouvelables en termes de puissance est l'éolien, dont la capacité installée dans le monde atteint 200 GW. Une nouvelle impulsion est aujourd'hui donnée par l'éolien off-shore. Rien que dans les mers du nord-ouest de l'Europe, la capacité devrait passer de 3 GW en 2010 à 40 GW en 2020, selon l'Association européenne de l'énergie du vent (EWEA). C'est un nouveau paysage maritime qui s'installe peu à peu : les éoliennes géantes, de 5 MW environ, dépassent les 150 mètres de haut, et un grand parc, de 15 kilomètres sur 15, va en compter souvent 200. Il faudra une cinquantaine de ces parcs pour atteindre l'objectif de 2020 dans ces mers très fréquentées.

Trois pays sont les moteurs de cette croissance actuelle de l'offshore : le Royaume-Uni, l'Allemagne, et la France. Le gouvernement français a lancé un premier appel d'offres pour cinq parcs, soit 500 à 600 éoliennes, pour une capacité de 3 000 MW. Le chiffre devrait doubler d'ici 2020 et s'ajouter à l'éolien terrestre.

La révolution éolienne va bouleverser les réseaux électriques. Il faut non seulement rapatrier l'électricité produite en mer, mais aussi avoir des lignes suffisamment puissantes pour transporter beaucoup d'énergie en un temps très court, d'un bout du pays à l'autre, car les zones de production ne recouvrent pas nécessairement les zones de grande consommation.

L'éolien a un caractère intermittent et sa puissance peut passer de 0 à des milliers de MW en quelques minutes sans qu'on puisse vraiment le prévoir, alors qu'une centrale nucléaire délivre en continu son énergie, forte mais peu flexible, et qu'une centrale à gaz peut être ajustée à la demande presque aussi facilement qu'un réchaud domestique.

Les lourds investissements pour la construction des parcs, les recherches à conduire pour le stockage de l'électricité, le renforcement des réseaux, la construction de centrales thermiques d'appoint, auront bien sûr un résultat : faire monter le prix du kWh livré au consommateur individuel ou à l'entreprise.

C'est un problème que l'on va retrouver avec d'autres énergies renouvelables et il ne peut être sous-estimé.



Le solaire

Issue d'un rêve très ancien de l'Homme, la capture de l'énergie du soleil est possible sans grands moyens puisqu'il suffit de peindre quelques tuyaux en noir pour réchauffer l'eau qui y circule. C'est une source qui se prête bien à une production individuelle, décentralisée. Une utilisation industrielle de cette chaleur immédiate est également possible avec le solaire thermodynamique à concentration, c'est-à-dire des installations où les rayons sont focalisés sur un circuit d'eau qui, en produisant de la vapeur, fait tourner une turbine et produit de l'électricité.

Le solaire thermodynamique est à la base de Desertec, ce projet qui doit alimenter les pays du Maghreb et exporter en même temps de l'électricité vers l'Europe. Les « champs de miroirs » de 10 ou 12 km² feront bientôt leur apparition au Maroc. Initié par l'Allemagne, le consortium Desertec a signé un accord avec Medgrid, qui rassemble plusieurs groupes français, en vue de l'interconnexion de l'Europe et de l'Afrique via des câbles sous-marins.

L'autre visage du solaire est celui du photovoltaïque, avec ses panneaux solaires formés de silicium et de divers métaux lourds qui transforment directement les rayons du soleil en électricité.

Les panneaux peuvent couvrir le toit d'une maison individuelle, ou ceux plus vastes de centres commerciaux et d'usines, ou encore constituer les milliers de m² d'un parc solaire dédié. Ce sont donc des productions de toutes capacités, de quelques kW jusqu'à 70 MW, qui naissent un peu partout sur les territoires. C'est dix fois moins qu'un grand parc éolien, avec un plus faible rendement et les mêmes problèmes de coût et d'insertion sur les réseaux. Mais le solaire progresse vite et l'objectif de 5,4 GW en 2020 devrait être atteint en France.

La densité de puissance

Pour fournir une puissance électrique de 1 GW (gigawatt), il faut :

- 80 km² pour l'éolien,
- 40 km² pour le solaire photovoltaïque,
- 2 km² pour le thermique classique (charbon, pétrole, gaz),
- 0,7 km² pour le thermique nucléaire.



La géothermie et la biomasse

La chaleur interne de la Terre, qui augmente d'un degré tous les 30 mètres, est à l'origine de l'énergie géothermique. Chaque résident d'une maison individuelle la constate lorsqu'il installe une pompe à chaleur. Certaines zones constituent de véritables « réserves de chaleur », exploitables industriellement : c'est le cas bien connu de l'Islande, mais aussi de la Toscane, de la Pologne, de l'Europe centrale. En France, c'est l'exemple de Soultz-sous-Forêt. Le procédé consiste à injecter dans les failles du sous-sol de l'eau qui remonte à haute température pour alimenter des turbines à la surface. C'est dans ce secteur de la géothermie qu'ont été élaborées avec de plus en plus de précision les techniques de la fracturation hydraulique.

La biomasse – le bois, les végétaux, les déchets organiques – est un peu à part. Ses réserves importantes et sa capacité de régénération rapide la classent dans les énergies renouvelables. Son usage diffère selon les régions. Dans les pays peu développés, elle fournit l'essentiel du chauffage. Les pays développés s'y intéressent de plus en plus pour la décomposer en biogaz ou la transformer en biocarburants.

Mais la biomasse pose un problème de gouvernance mondiale. Comment maîtriser les politiques de déforestation et de reboisement ? Quelles terres affecter à l'alimentation du monde ? Quelles terres allouer à la production de biocarburants ? Comment limiter l'utilisation de l'eau nécessaire aux cultures ?



Biocarburants : des générations successives

Un biocarburant est un carburant produit à partir de matières organiques non fossiles, provenant de la biomasse. Il existe actuellement deux filières principales : la filière « biodiesel », à partir d'huiles comme celles du soja ou du colza, et la filière « bioéthanol », à partir des sucres de canne et de betterave, du blé ou du maïs.

Une deuxième génération de biocarburants devrait entrer bientôt dans sa phase de production industrielle. Elle sera issue de bois, de feuilles, de pailles, de résidus ligneux, c'est-à-dire de matières qui ne sont pas utilisées dans l'alimentation humaine.

Enfin, des recherches sont engagées sur une troisième génération, permettant la production d'hydrogène à partir de micro-algues.

Les nouvelles énergies marines

Depuis l'usine marémotrice de la Rance, en 1966, les énergies de la mer font toujours rêver.

- ◆ L'énergie houlomotrice des vagues, avec les expérimentations de serpents articulés de 120 mètres de long qui actionnent des vérins.
- ◆ L'énergie hydrolienne des courants sous-marins, captée grâce à de grandes hélices immergées.
- ◆ L'énergie thermique, née de la différence de température entre les eaux de surface et les eaux profondes.
- ◆ L'énergie osmotique provoquée lors de l'arrivée d'eau douce dans l'eau salée de la mer. Un test est conduit en Norvège.



Les économies d'énergie

Enfin, la meilleure des énergies, et la plus renouvelable de toutes, est celle que l'on n'utilise pas. Elle peut être dégagée par un habitat moins énergivore (c'est le plus gros réservoir d'économies), par une meilleure efficacité des équipements ou des processus industriels, par un effort des consommateurs eux-mêmes.

Le travail est en fait engagé depuis longtemps, depuis l'instauration de l'heure d'hiver après les chocs pétroliers jusqu'aux mesures européennes sur les ampoules à basse consommation. Mais l'optimisme doit être tempéré, car l'homme moderne a tendance à trouver de nouvelles formes de consommation au fur et à mesure qu'il réalise des économies...

- ◆ Combien avez-vous d'appareils électriques chez vous, y compris ceux fonctionnant à piles ? Faites le test ! Une famille de cinq personnes arrivera à un chiffre entre 200 et 300.
- ◆ Les nouveaux équipements audiovisuels et informatiques consomment maintenant autant d'énergie que l'ensemble du transport aérien mondial. Les centres informatiques qui font marcher vos téléphones et tablettes, produisent, avec leurs milliers d'ordinateurs, une chaleur considérable qui part souvent dans l'atmosphère, même si les grandes sociétés commencent à voir l'avantage de la récupération.

► La mondialisation ne joue pas toujours dans le bon sens quand les fabricants d'appareils électroniques envoient de lourds catalogues en papier en 20 langues à tout le monde, parce que cela simplifie le travail de leurs services d'expédition... Ou quand vous mangez des cerises en hiver... Ou quand un cochon né au Canada, élevé en Australie et abattu en Belgique, arrive à votre supermarché à quelques euros le kilo (en ayant parcouru des milliers de kilomètres et avec un prix en CO₂ calamiteux et caché).

Mais les économies sont surtout l'affaire des pays développées. Les pays émergents ont besoin de plus d'énergie, même si bien sûr ils ne sont pas obligés de faire les mêmes erreurs que nous dans leur développement...



Les enjeux pour la France

- Diversifier son mix énergétique avec de nouvelles énergies renouvelables et produites sur place.
- Développer de nouvelles filières industrielles nationales avec des emplois à la clé.
- Innover dans la recherche sur le stockage de l'électricité, condition pour une expansion des énergies renouvelables à un coût acceptable.



N'ENTERRONS PAS LES ENERGIES FOSSILES !

Les débats entre renouvelables et nucléaire cachent la réalité : les énergies fossiles restent et resteront très majoritaires dans le mix énergétique mondial. Selon l'Agence internationale de l'Energie (AIE), leur part sera en 2035 autour des trois-quarts. Certains experts pronostiquent même qu'à l'horizon 2050, le charbon sera l'« énergie reine », devant le pétrole et le gaz !

Pourquoi une telle permanence dans le temps ? Essentiellement parce que les énergies fossiles sont utilisables dans les trois grands secteurs où l'on consomme de l'énergie : les transports, le chauffage et la production d'électricité. Nous avons vu qu'elles ont une bonne densité de puissance. Elles ont en revanche un défaut : elles sont émettrices de CO₂, dont l'effet sur le réchauffement de la planète a été mis en évidence.

Même si de nombreux pays freinent leur utilisation et cherchent des énergies de substitution, pour des questions de prix, de sécurité énergétique et de contraintes CO₂, le constat est simple : sans le pétrole, le gaz et le charbon, l'économie s'arrêterait.

La houille reste dominante dans une grande partie du monde. La Chine construit plusieurs centrales à charbon par mois. L'Inde dépend à 55% du charbon pour sa production d'électricité. Les Etats-Unis, deuxième producteur derrière la Chine, possèdent les plus grandes réserves du monde, élément clé de leur indépendance énergétique.

En France, la dernière mine de charbon, La Houve, a fermé le 23 avril 2004.

Le pétrole a modelé le monde moderne et nul besoin de souligner l'enjeu qu'il constitue encore dans les rapports entre les nations. Après avoir fait tourner le moteur du développement de l'Occident et de l'URSS, il est maintenant à la base de l'émergence des grands pays d'Asie et d'Amérique latine. Les exportations pétrolières de l'Arabie saoudite vers la Chine ont été multipliées par cent.

L'humanité a consommé autant de pétrole entre 1980 et 2000, soit 20 ans, qu'elle en avait consommé entre 1860 et 1980, soit 120 ans.

Le gaz naturel ne cesse de croître. Outre les grands réservoirs naturels qui alimentent les gazoducs, les perspectives d'exploitation des huiles et des gaz plus intimement mêlés à la roche sont apparues dans toute leur ampleur au cours des dix dernières années. Ces gaz non conventionnels commencent à bouleverser le marché et la géopolitique de l'énergie.

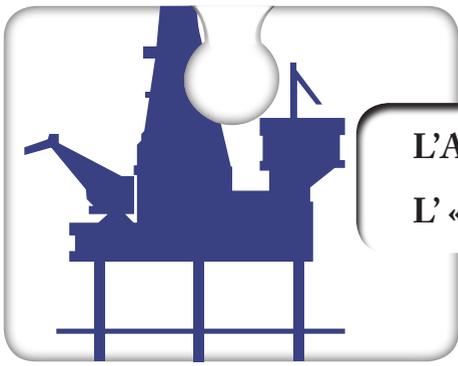
De l'élimination du « smog » au stockage du CO₂

Tellement utiles, les énergies fossiles ont mauvaise réputation du fait de leurs émissions. Les poussières de charbon et les fumées chargées de soufre ont noyé pendant des décennies Pittsburgh ou Chicago et nourri le « smog » de Londres qui tua 4 000 personnes en décembre 1952. « Smoke city Osaka », disaient les Japonais ! La pollution reste un problème aiguë dans les pays émergents, comme en Chine où les cancers du poumon ont augmenté de 60%. Mais la plupart des villes des pays développés ont été « reconquises » tandis que les moteurs automobiles sont devenus considérablement plus propres en éliminant les émanations de monoxyde de carbone et de particules polluantes.

Réchauffement climatique oblige, l'ennemi numéro 1 est aujourd'hui le CO₂. En matière automobile, la solution a été de rendre les véhicules plus économes en carburant, par des moteurs au meilleur rendement, des formes plus aérodynamiques et des structures moins lourdes.

D'une façon générale, la solution la plus efficace serait bien sûr d'empêcher les gaz à effet de serre de se répandre dans l'atmosphère. C'est l'idée des techniques de la capture et du stockage du CO₂, désignées sous l'acronyme anglais CCS (Carbon Capture and Storage). L'Agence internationale de l'énergie (AIE) demande régulièrement que cette voie soit explorée plus activement.

Un important projet pilote est conduit dans le sud-ouest de la France, à Lacq. Il s'agit de capter le CO₂ émis par une chaudière, de le transporter 27 kilomètres plus loin et de l'injecter dans un gisement de gaz épuisé, à 4 500 mètres de profondeur.



L'AVENTURE DE L' « OR NOIR » CONTINUE

L'« or noir » n'est pas au bout de son épopée. Avec ses réussites, mais aussi ses dangers. Après le temps des derricks et des forages verticaux, il faut aujourd'hui mieux exploiter les champs connus, localiser de nouveaux gisements, creuser plus profond, tout en continuant d'améliorer la protection de l'environnement.

Des usines au fond de la mer. C'est cette image qui symbolise le mieux l'aventure moderne du pétrole. Au large de l'Afrique, du Brésil, dans les mers glacées de l'Arctique, des barges géantes, grandes comme des terrains de football, pilotent et contrôlent des dizaines de tubes flexibles qui relient la surface à autant de têtes de puits sur le fond sous-marin. Ces *risers*, spaghettis géants qui peuvent plonger à plus de 2 000 mètres de fond, remontent vers la surface le pétrole qui est pompé dans le sous-sol, quelquefois à moins de 4 000 mètres. La surface du champ exploité à partir d'une seule barge peut atteindre plusieurs fois la superficie de Paris.

Sur terre aussi les exploitations se sont complexifiées depuis le temps où le pétrole jaillissait du sol ! Il s'agit de le débusquer sous toutes ses formes :

- ◆ Les pétroles de schiste sont des bruts ordinaires mais qui, au lieu de migrer vers des réservoirs naturels, sont restés au sein de la roche-mère, issue de sédiments riches en matière organique déposés il y a des millions d'années sur les fonds des océans. Pour capter ce pétrole « piégé », on injecte à forte pression un mélange d'eau, de sable et d'additifs. C'est la fracturation hydraulique, qu'on utilise aussi pour le gaz.
- ◆ Les bruts lourds sont plus poisseux que le brut ordinaire, un peu comme de la mélasse. Les plus grands gisements sont au Venezuela, extraits dans des centaines de puits horizontaux avec un pilotage à distance par robots.
- ◆ Très différents des précédents, les bruts extra-lourds, sous une forme solide de bitume, se trouvent dans les sables et les schistes bitumineux, notamment au Canada, dans la région de la rivière Athabasca. Il faut souvent chauffer la roche pour accélérer le processus naturel de maturation des hydrocarbures.

Ces nouvelles techniques et ces nouveaux champs ont accru l'estimation des réserves disponibles.

La situation peut se résumer en trois chiffres : le monde a déjà consommé 1 000 milliards de barils de produits pétroliers, il en reste à peu près 1 000 milliards dans les champs déjà connus et au moins 1 000 autres milliards sont récupérables dans de nouveaux champs.

Les derniers exemples en date ont été les repérages à la fin 2011 de réserves exploitables de pétrole au large de la Guyane et en Méditerranée, à quelques kilomètres de Marseille.



Des techniques qui coûtent cher

Dans les exploitations actuelles, on récupère en moyenne 30 % d'un gisement. L'objectif d'amélioration est généralement fixé par les ingénieurs à 40 %.

Dans les nouveaux champs, on creuse plus profond, jusqu'à 9 000 mètres sous terre, avec la difficulté d'affronter des pressions considérables et des températures de 200 ou 250°C.

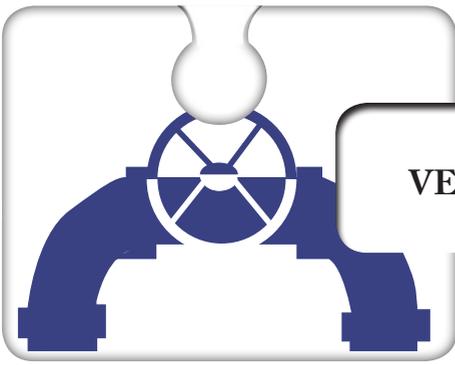


Le saviez-vous?

Le secteur du transport est dépendant à 98 % des produits pétroliers. Le secteur de l'aérien l'est à 99,9 %. Celui du maritime à 100 % (la marine à voile est devenue négligeable...).

Mais si l'idée de rareté a diminué, en revanche la question du coût est devenue prééminente. Car le temps du pétrole « facile » est fini. Une réserve dépend du rythme auquel on la consomme mais aussi du montant des investissements que l'on peut raisonnablement y consacrer.

Avec la complexité des techniques, les coûts d'exploitation se sont envolés et les besoins d'investissements n'ont cessé de progresser, à un moment où la crise économique générale réduit les capacités des Etats et de leurs compagnies nationales.



VERS UN AGE D'OR DU GAZ

Le gaz est flexible, souple, adaptable. Ses réserves classiques sont plus importantes que celles du pétrole et des formes non conventionnelles sont en mesure de les accroître considérablement. La sécurité énergétique des Etats-Unis, de l'Europe ou de la Chine pourrait alors être renforcée. Pour toutes ces qualités, beaucoup lui promettent un « âge d'or », surtout si le nucléaire fléchit.

Le gaz, c'est d'abord le domaine des contrats conclus pour l'exploitation sur plusieurs années des grandes réserves de Russie et du Moyen-Orient. Les livraisons se font par les gazoducs géants qui traversent les continents, comme le Nord Stream entre la Russie et l'Allemagne, via la mer Baltique, qui a été inauguré fin 2011.

Mais le gazoduc ne passe pas partout et notamment pas d'un continent à l'autre. Une industrie nouvelle est née, celle du gaz naturel liquéfié (GNL). Rendu liquide à -160°C , le gaz est transporté à bord des méthaniers vers des terminaux où il est ramené à l'état gazeux. En rendant accessible le gaz de tous les producteurs du monde, notamment d'Afrique ou d'Asie, le GNL a modifié une première fois la géopolitique.

Depuis une quinzaine d'années, une révolution silencieuse bouleverse de nouveau le marché. Des techniques arrivées à maturité ont permis d'aller chercher des gaz non conventionnels (GNC). Parmi eux, les gaz de roche-mère – souvent appelés « gaz de schiste » – ont connu une expansion rapide aux Etats-Unis, créant des dizaines de milliers d'emplois, divisant le prix du gaz par trois et assurant à terme l'autosuffisance. Certains pays européens, comme la Pologne, s'y sont lancés résolument.

Les hydrates de méthane font également partie des gaz non conventionnels. Ils sont confinés dans les cristaux de glace qui se forment à haute pression dans les bassins sédimentaires sous les océans ou à basse température sous le permafrost des cercles polaires.

Les réserves classiques étaient estimées à 60 ans. Avec les gaz non conventionnels, elles pourraient passer à 120 ans, voire deux siècles.

Mais l'exploitation de ces gaz emprisonnés dans la roche-mère implique, comme pour le pétrole de schiste, la technique de fracturation hydraulique. Elle n'est pas nouvelle et est utilisée depuis des années en géothermie sans causer de dommages particuliers. Mais appliquée à l'exploitation d'hydrocarbures, elle a soulevé parmi les associations écologistes ou les populations locales des craintes multiples quant à la pollution des nappes phréatiques ou l'épuisement des réserves d'eau.

Aux Etats-Unis, certaines déficiences dans l'étanchéité des puits ont nourri une contestation forte, mais qui n'a pas stoppé le développement. La France, en revanche, a été le premier pays à interdire la fracturation hydraulique et à donner un coup d'arrêt, au moins provisoire, à l'exploitation d'une richesse que de nombreux pays ont engagée au nom de l'indépendance énergétique.

France : une législation contraignante

La loi n°2011-835 du 13 juillet 2011 interdit « l'exploration et l'exploitation des mines d'hydrocarbures liquides ou gazeux par fracturation hydraulique ». Insuffisante pour certains, la loi française apparaît très restrictive pour les acteurs du secteur. D'autres techniques existent, mais elles ne sont pas encore économiquement rentables. La loi clôt la discussion avant même qu'un examen des réserves potentielles et du coût d'exploitation ait pu être conduit. Elle prévoit cependant la création d'une commission nationale d'évaluation des diverses techniques, qui peut être un forum utile pour nouer le dialogue et donner le feu vert à quelques expérimentations.

Avec une conception aussi large du principe de précaution, aurait-on, en décembre 1951, lancé l'exploitation du gaz de Lacq ?



Les enjeux pour la France

- Le sous-sol français recèlerait 25% des réserves européennes de gaz de schiste, de quoi assurer en théorie un siècle de la consommation nationale.
- Exploiter la richesse en pétrole et en gaz améliorerait la sécurité énergétique française et réduirait le déficit de la balance commerciale.



LE NUCLEAIRE, INDISPENSABLE « MAL-AIME »

Tel pays peut décider d'arrêter ses centrales, mais une décision nationale ne doit pas cacher la réalité : le monde dans son ensemble ne va pas sortir du nucléaire. Les pays émergents ont trop besoin d'énergie pour se priver d'une source puissante qui assure 6% du mix mondial global, mais 14% du mix électrique.

Certes, le développement du nucléaire n'est pas sans cahots. Trois accidents = trois coups de frein. Périodiquement promis à un grand essor, la filière de l'atome a subi les contre-coups de Three-Mile Island (1979), de Tchernobyl (1986) et de Fukushima (mars 2011). L'accident japonais n'est pas directement « nucléaire ». Il a été provoqué par un tsunami provoqué lui-même par un séisme. Mais, de plus en plus sûr techniquement, le nucléaire inquiète parce que cette énergie transgresse deux certitudes très humaines : le temps – avec des déchets actifs pendant des milliers d'années – et l'espace – avec des nuages qui tournent autour du monde en cas de catastrophe.

Fukushima, en élevant les contraintes de sécurité, va faire monter les coûts de production et freiner les ardeurs des investisseurs. Mais tous les experts excluent une « sortie mondiale » du nucléaire.

Monde : 440 réacteurs dans 30 pays. Les grands pays producteurs d'énergie nucléaire : Etats-Unis , France, Japon et Russie.

France : 58 réacteurs, répartis dans 19 centrales.

Une cinquantaine de réacteurs sont en projet dans le monde. La Chine, qui en construit 25, accélère ses investissements dans le minerai d'uranium. L'Inde a commandé deux EPR, la Russie développe son réseau (en maintenant ses réacteurs type Tchernobyl...), la Corée espère devenir un exportateur de nucléaire, l'Afrique du Sud comme le Brésil maintiennent leurs projets. Les Etats-Unis relancent une centrale en Alabama. En Europe, les décisions de l'Allemagne, de l'Italie, de la Suisse et de la Belgique d'aller vers une sortie font oublier que la Grande-Bretagne et plusieurs des pays du Nord et de l'Est n'y renoncent pas.



La génération IV, avenir du nucléaire

Les réacteurs dans le monde sont de « deuxième génération ». La « troisième génération » arrive, avec notamment l'EPR français. Ils sont plus puissants et plus sûrs, notamment dans leur capacité à résister à des agressions extérieures. De plus, ils sont conçus pour fonctionner entièrement avec des combustibles retraités, et notamment du plutonium mélangé avec de l'uranium appauvri (le combustible Mox). Qui dit retraitement, dit économie de minerai d'uranium et réduction du volume des déchets ultimes.

La génération IV, qui comportera plusieurs types de réacteurs dont les réacteurs à neutrons rapides, apportera un progrès supplémentaire. Elle produira plus de combustible utilisable après retraitement qu'elle n'en a consommé. Les réserves d'uranium deviendront de fait quasi inépuisables.

La France avait été pionnière dans ce type de réacteur en lançant Superphenix, mais ... il fut arrêté en 1997 par Lionel Jospin, à la demande des Verts. Aujourd'hui, les recherches sur la génération IV, pour lesquelles des crédits importants ont déjà été engagés, paraissent pouvoir faire l'objet d'un consensus entre la droite et la gauche.



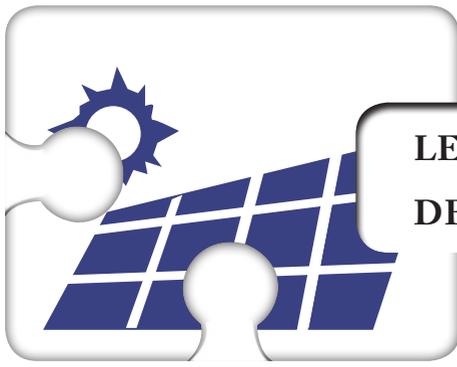
Penser l'impensable

Y a-t-il des vagues de 9 mètres sur les côtes du Cotentin, devant l'EPR de Flamanville ? Non, mais il pourrait y en avoir si la Terre se réchauffe. Donc installons sur la falaise toute proche les moteurs diesels des systèmes de refroidissement... Si, dans d'autres sites, il n'y a pas de falaise, assurons nous de l'étanchéité des bâtiments. Les sous-marins nucléaires ne prennent pas l'eau !



Les enjeux pour la France

- Continuer de produire une électricité fiable, bon marché et non émettrice de CO₂.
- Conserver la première place sur le marché mondial du nucléaire, au bénéfice de sa balance commerciale.
- S'investir dans la recherche sur le traitement des déchets et la génération IV.



LE « MIX », CREUSET DES ENERGIES

Le « mix énergétique ». Le mot est entré dans le langage courant, même si on ne sait pas bien le prononcer et si on ne sait pas vraiment ce que c'est. D'abord, c'est bien « mix » et pas « mixe » ou « mixte » ! En français « bouquet ». C'est la proportion des différentes sources dans la production d'énergie.

Evitons une première confusion. Il y a le « mix énergétique » qui inclut les transports (l'essence, le diesel...), le chauffage des bâtiments (le bois, le gaz...) et la production d'électricité. Et il y a le « mix électrique », qui est donc un sous-ensemble : il décrit la part du nucléaire, des énergies fossiles, des renouvelables dans la production de l'électricité seule.

En France, le nucléaire, c'est plus de 75 % dans le mix électrique, mais c'est 18 % dans le mix énergétique global qui, lui, inclut l'essence de nos voitures et le gaz ou le fuel de nos chaudières.

Un « bouquet » comprend, comme son nom l'indique, un ensemble d'éléments. Le mix ne peut pas être constitué d'une ou de deux sources d'énergie. Il les rassemble toutes et il n'y a pas d'équilibre idéal : il n'est que la traduction des réalités énergétiques d'un pays. La France n'a pas le mix de l'Allemagne, du Qatar ou de l'Islande.

Tout le monde, nous l'avons vu, est favorable au principe des énergies renouvelables. Mais elles ne pourront jamais constituer la part majoritaire d'un bouquet énergétique ou même d'un bouquet électrique.

L'hydraulique est une énergie forte mais on ne peut multiplier à l'infini les barrages. L'éolien et le solaire sont des énergies intermittentes. Quand une capacité éolienne tourne à plein, elle peut développer une énergie considérable. Mais si elle s'arrête d'un

seul coup – ce qui est fréquent –, il faut en urgence relancer des centrales thermiques plus flexibles.

D'une façon générale, on considère souvent que 30 ou 35 % d'énergies éolienne ou solaire est un maximum dans le mix. Il faut en conséquence à la fois des énergies « de base », qui pulsent en continu, comme le nucléaire, et des énergies « flexibles », qui peuvent être modulées, à la hausse ou à la baisse, en un temps rapide, comme le gaz.

Dans tous les cas, quand on touche à une source d'énergie, la part de toutes les autres bouge. Si le nucléaire baisse, la part des renouvelables augmentera – parce que les pouvoirs publics les poussent – mais la part du gaz croîtra elle aussi – pour équilibrer les renouvelables. Cependant, les scénarios les plus écologiques prévoient que la biomasse – biogaz compris - montera ensuite en puissance, faisant reculer les énergies fossiles.

Un mix équilibré est-il un objectif en soi ? En fait, les pays réagissent différemment les uns des autres... Ils privilégient naturellement les énergies dont ils disposent en abondance. Les pays du Golfe ne vont pas se priver de pétrole ! Les pays nordiques, l'Autriche, la Suisse ont une forte part hydraulique. La Russie profite de sa richesse en gaz. La Chine et l'Inde font faire la part belle au charbon. La France s'appuie toujours sur le choix qu'elle fit en faveur de l'énergie nucléaire civile à partir des années 60 et 70.

Pourquoi tant de nucléaire dans le mix français ?

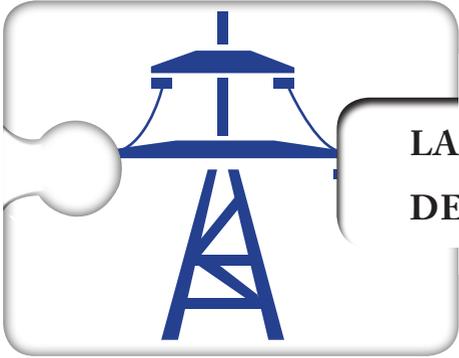
Le général de Gaulle a soutenu puissamment la recherche nucléaire, assurant le développement parallèle de l'arme atomique et du nucléaire civil. A partir de 1973, ce sont les chocs pétroliers qui conduisent les gouvernements de Georges Pompidou puis de Valéry Giscard d'Estaing à développer l'important parc nucléaire encore en fonctionnement aujourd'hui.

Le mix électrique en France

- ▶ Nucléaire 75 %
- ▶ Hydraulique 12 %
- ▶ Autres renouvelables 2,4 %
- ▶ Thermique à flamme 10,6 %

Le mix énergétique global en France

- ▶ Nucléaire 18 %
- ▶ Hydraulique 2,5 %
- ▶ Renouvelables (dont chauffage) 9 %
- ▶ Fossiles 70,5 %



LA REVOLUTION DES RESEAUX ELECTRIQUES

Une révolution tranquille progresse : qu'il s'agisse des grands axes de transport aux pylones géants ou de la distribution capillaire aboutissant aux compteurs individuels intelligents, les réseaux électriques vont être bouleversés. La transformation ne sera pas sans effet sur l'aménagement du territoire et il faudra que les citoyens acceptent les changements, dans les campagnes comme dans leurs maisons.

La vieille structure en toile d'araignée des réseaux électriques, où, dans des frontières nationales, un « centre » dispatche le courant dans un réseau descendant ne peut plus tenir. Tout conduit au changement : les éoliennes en mer, les projets solaires dans les déserts, l'intégration des marchés européens et les coopérations aux marches de l'Europe, les installations photovoltaïques sur les pavillons individuels, la nécessité de réduire les pertes le long des lignes...

Le développement de l'Internet et des technologies de l'information et de la communication conduit à plus d'interactivité entre le citoyen consommateur et ses fournisseurs d'énergie et au partage de leurs informations.

En haut, il faut des nouveaux réseaux surpuissants, *supergrids*, c'est-à-dire des lignes d'un million de volts (contre 400 000 actuellement) capables de transporter l'électricité depuis l'Asie mineure ou l'Afrique du nord, et, en bas, des réseaux intelligents, *smartgrids*, pour distribuer finement le courant aux consommateurs et collecter des productions locales intermittentes.

A terme, les autoroutes de l'électricité s'organiseront autour de très longues lignes électriques transeuropéennes, sur lesquelles viendront se connecter des « mailles » régionales. S'y rattacheront les parcs éoliens offshore du nord de l'Europe, les grands parcs solaires du Sud, les énergies marines de l'Ouest, les centrales de biomasse du centre de l'Europe et d'une façon générale les réseaux de transport d'électricité nationaux.

Le nouveau maillage assurera à la fois la sécurité énergétique, mais aussi la solidarité entre régions. Les pays Baltes, autrefois liés à l'URSS, seront désenclavés. La Turquie se connectera à l'Europe au delà des hésitations politiques. Le Nord de l'Europe pourra bénéficier des excédents de production solaire espagnole, et, lors des périodes de moindre ensoleillement, alimenter les pays du Sud en énergie éolienne.



Le compteur intelligent

A l'autre bout de la chaîne, le compteur historique dans ses tons bleus, va disparaître. Il sera remplacé par un terminal capable de recevoir et d'émettre des informations précises. Quelle est la consommation selon l'heure ? Comment répartir l'usage des différents appareils ménagers selon l'offre d'électricité ? Les outils « intelligents » devront aussi gérer les productions locales réinsérées sur les réseaux électriques nationaux.

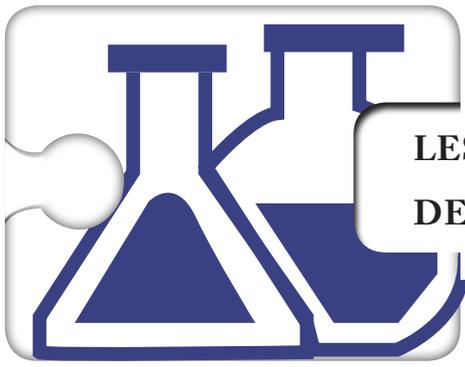
D'ici à 2020, 35 millions de Français abonnés à l'électricité auront un compteur intelligent. Un tel équipement est devenu obligatoire, après un test mené avec 300 000 compteurs baptisés Linky et soumis à appel d'offres.

Certains se sont inquiétés des atteintes possibles à la vie privée. Au Big Brother redouté dans les années 1950 et 60, à l'époque de la guerre froide, succéderaient les « Little Sisters », une conjonction de petits réseaux enchevêtrés, de Facebook aux systèmes de géolocalisation et à ces contrôles de consommation électrique. Il appartiendra aux organismes indépendants de contrôle de veiller aux droits des citoyens.



Les enjeux pour la France

- Poursuivre l'interconnexion de son réseau avec l'Europe et la Méditerranée.
- Moduler les consommations et réaliser des économies d'énergie.



LES RESERVES D'EMPLOIS DE L'ENERGIE

Les réserves d'emplois du secteur de l'énergie sont-elles inépuisables ? Elles sont en tout cas considérables. Mais il faut pour cela faire évoluer les métiers en permanence, reconvertir, créer de nouvelles qualifications, fixer les filières dans nos pays, attirer les jeunes. Des objectifs possibles si la compétitivité des entreprises est assurée.

L'exemple à ne pas suivre est celui du nucléaire ! Dans les années 1980, après l'accident de Three Mile Island aux Etats-Unis, le développement de l'atome a connu une période de refroidissement à l'échelle mondiale. Les universités ont alors fermé leurs départements spécialisés, la filière d'enseignement est apparue « ringarde », le nombre d'ingénieurs et de techniciens a baissé. Au tournant du siècle, la « renaissance du nucléaire » a paru se lever et on a découvert le « trou » dans les compétences : beaucoup d'anciens, mais près de la retraite, des jeunes qui dressent à nouveau l'oreille, mais un grand vide dans les ingénieurs expérimentés ayant vingt ans d'expérience.

Les responsables des ressources humaines des grandes sociétés énergétiques font des constats similaires dans d'autres secteurs. Quand il y a une crise économique, les « financiers » imposent leurs vues et l'emploi est freiné. Quand la croissance repart dix ans plus tard, il manque une génération !

Pourquoi les jeunes des pays développés délaissent-ils les enseignements scientifiques et techniques ? Parce qu'ils voient souvent le travail de l'ingénieur comme peu créatif, plutôt mal payé par rapport aux métiers de la finance ou du commerce. Une frilosité qui intervient alors qu'un mouvement strictement inverse est décelable dans les pays émergents : les jeunes Asiatiques se précipitent vers les métiers de la recherche et de l'industrie.



Aller sur le terrain et convaincre

Le Grenelle de l'Environnement organisé en France à partir de 2007 avait souligné la nécessité de développer des filières nouvelles, créatrices d'« emplois verts ». Dans le même temps, des secteurs connaissent des ralentissements continus, comme le raffinage. Comment faire décoller par exemple la filière photovoltaïque sans booster l'emploi... en Chine ? Comment reconverter des salariés dans des secteurs proches où leur qualification sera maintenue ? Dans les deux cas, l'élévation de l'innovation technologique apparaît comme une condition nécessaire.

Les industriels se sont convaincus aussi de l'obligation de « sortir », d'aller eux-mêmes au contact des jeunes pour expliquer la diversité de leurs métiers. Les grandes sociétés ont non seulement multiplié les partenariats avec les écoles mais mis sur pied des universités ou des fondations d'entreprise et mobilisé leurs cadres retraités pour les pousser à enseigner partout où cela est possible.

Mission assignée : convaincre que les entreprises de l'énergie ne sont pas que de l'« industrie lourde », mais qu'elles intègrent des centaines de métiers (du géologue et du météorologue à l'informaticien, du chercheur en management à l'ingénieur en développement durable).

Les entreprises doivent aller dans les écoles et dans les rues pour débusquer le talent humain.

Il faut plus de femmes dans l'énergie !

Laure a 40 ans. Elle est... « capitaine » d'une plateforme pétrolière au large de l'Ecosse et commande un équipage d'une centaine d'hommes. Des ouvriers et des techniciens, de toute nationalités, rompus aux tâches dangereuses, dans des conditions climatiques rudes, et pas nécessairement tendres avec leurs chefs... Auparavant, Laure avait été en poste dans les mers chaudes du Golfe. Tous les DRH sont d'accord pour souhaiter plus de femmes, dans une industrie souvent vue comme « machiste ».



Les enjeux pour la France

- ▶ Relancer la cote de l'enseignement scientifique et faire progresser les écoles françaises dans les classements internationaux.
- ▶ Réussir les reconversions industrielles, créer de nouvelles filières d'emploi, conforter les filières indirectes (chimie, plastiques).



LE CASSE-TETE DU PRIX DE L'ENERGIE

Tout concourt à l'augmentation des prix de l'énergie : la croissance de la demande, la mise en place de nouvelles énergies, les investissements pour exploiter du pétrole et du gaz plus profondément enfouis ou pour améliorer la sûreté du nucléaire. Mais un gouvernement ne peut guère se désintéresser du pouvoir d'achat des citoyens... pas plus que de la compétitivité des entreprises.

Comment appuyer à la fois sur l'accélérateur de l'intégration énergétique européenne, qui vise à libéraliser les marchés, et en même temps sur le frein, face à des citoyens qui font valoir un « droit à l'énergie » et donc à une limitation des hausses ? Comment le justifier face à des fournisseurs d'énergie qui jurent ne plus pouvoir suivre avec des tarifs réglementés trop bas ?

Le dilemme des gouvernements, notamment français, est d'autant plus grand que l'énergie a longtemps été et reste, par le jeu des taxes, un moyen de remplir les caisses de l'Etat. Un moyen illusoire puisque de l'autre côté la facture des importations vide les mêmes caisses.

Prix du baril et prix à la pompe : le poids des taxes

Dans le cas d'un sans plomb 95 aux alentours de 1,5 euro par litre à la pompe, 90 centimes sont des taxes nationales et 60 centimes représentent tout un éventail de coûts : le pétrole lui-même, mais aussi la rente servie aux pays producteurs, la fiscalité qu'ils imposent, les frais de raffinage, de transport et de distribution. Une baisse du prix du baril sur le marché international ne joue donc que sur une faible portion du prix total.

Les prix du gaz et de l'électricité sont des prix largement réglementés en France. Pour l'électricité, la France a pu contenir les tarifs, à la moitié environ des tarifs moyens européens, grâce à la force de sa production nucléaire. Pour le gaz, plus sensible au marché

mondial, une formule tarifaire (si on ne la modifie pas en cours de route) fixe les évolutions.

En 2011, le kilowatt-heure d'électricité (kWh) coûtait pour un particulier 0,27 euro en Allemagne, 0,20 en Italie, 0,16 au Royaume-Uni, 0,14 en France. Le plus cher est au Danemark (0,30) et le moins cher en Bulgarie.



La précarité énergétique

La crise économique générale a rendu plus sensibles les hausses du prix de l'énergie, pour les entreprises comme pour les particuliers. Beaucoup de ménages – 3,4 millions, selon les chiffres officiels – sont entrés dans ce qu'on nomme la « précarité énergétique », c'est-à-dire qu'ils dépensent plus de 10 % de leur budget pour leurs besoins en énergie.

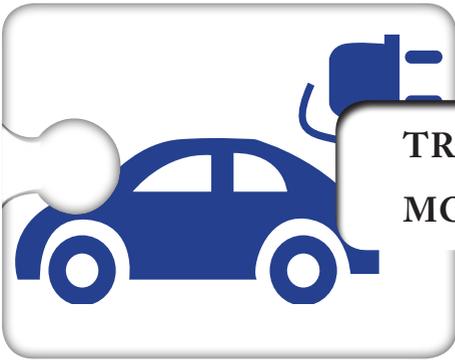
Elle touche une population bien plus large que celle des seules personnes en précarité financière. Ses effets se sont étendus à ceux qui ont fait, volontairement ou pas, certains choix, notamment les petits propriétaires de pavillons à la campagne ou dans des petites agglomérations, qui se chauffent au fioul et dépendent de la voiture. Dans ces catégories, les personnes âgées, qui ne veulent plus s'engager dans des dépenses d'investissement, sont particulièrement menacées.

Pour le citoyen en situation de précarité, une solution – mise à part celle d'accéder à une meilleure isolation de son logement – serait d'avoir des prix bien tenus pour l'énergie « de base » et des prix plus évolutifs pour l'« énergie de confort ». Mais comme les fournisseurs d'énergie ne peuvent être tenus, sous peine de perdre leur capacité concurrentielle, d'assurer cette dualité, la charge risque d'en retomber encore une fois sur l'Etat avec l'ouverture d'un nouveau débat sur le front de la redistribution sociale.



Sur les 3,4 millions de ménages en précarité énergétique :

- **87 % sont dans le parc privé,**
- **62 % sont propriétaires (dont un million en maison individuelle),**
- **55 % d'entre eux ont plus de 60 ans.**



TRANSPORTS, HABITAT, MODES DE VIE

L'énergie, c'est la vie. Il ne s'agit pas d'une force hostile qu'il s'agirait de contenir ou d'écarter. Elle est le moteur de notre mobilité et l'architecte de notre habitat. Pendant plus d'un siècle, ce sont les énergies fossiles qui en ont été la base. Elles le restent, mais les mutations sont en route.

Le transport automobile dépend à 98 % de produits pétroliers. Inutile d'en dire plus pour désigner les sources d'économies. La gradation des solutions est longue : la marche à pied et le vélo bien sûr, les transports en commun (quand ils ne roulent pas à vide...), le raccourcissement des trajets, le co-voiturage, et enfin la voiture « verte » !

Celle-ci peut être « tout-électrique » mais elle peut aussi rester thermique. Elle sera alors hybride, à hydrogène, à gaz, ou même à moteur thermique conventionnel s'il est à basse consommation et à faibles émissions. Mais la voiture « verte » ne s'imposera que si elle remplit plusieurs conditions : qu'elle assure les mêmes rêves et les mêmes plaisirs de conduite que l'automobile que nous connaissons, qu'elle ne coûte pas plus cher, que les performances techniques soient au rendez-vous – essentiellement une bonne autonomie et un temps de recharge raisonnable. C'est simple !

Laissons aux constructeurs le soin de trouver les modèles qui répondent le mieux à ces exigences. C'est un sujet qu'ils maîtrisent et qui les passionne. Mais il appartient à la société de se préparer à l'arrivée des véhicules du futur.

La puissance publique et les collectivités territoriales ont de ce point de vue du travail :

- Encourager la mutation vers le véhicule « vert » des administrations, des services publics, des transports urbains, des services aéroportuaires, qui génèrent de la mobilité sur des itinéraires précis et limités.
- Aider au déploiement des sites de recharge électrique, à côté du réseau des traditionnelles « stations-essence ». Où les placer ? Dans les parkings, sur les supermarchés, aux points de connexion avec les transports publics, dans les centres de loisirs ? C'est tout un nouvel aménagement du territoire.

- Adapter le réseau d'électricité national aux recharges à domicile, pour gérer les heures de pointe. Ce ne sera pas simple si tout un quartier effectue l'opération au même moment, en début de soirée par exemple.
- Harmoniser les normes européennes pour qu'un véhicule, quel qu'il soit, trouve le même niveau de services en changeant de pays.
- Définir les incitations de type bonus-malus qui poussent les achats vers tel ou tel type de véhicules.

Tout n'est pas affaire de technique. En matière d'automobile, on peut changer le modèle, on peut aussi changer l'usage.

L'auto-partage, dans lequel la ville de Paris s'est lancée fin 2011 avec Autolib', s'inscrit dans une réflexion plus générale : est-il absolument nécessaire de posséder un bien pour pouvoir en profiter ? Pourquoi ne pas le louer ou le partager, comme on le fait déjà pour des appartements de vacances ? Une compagnie peut l'organiser pour ses employés, une municipalité pour ses administrés. Quelques individus peuvent se regrouper sur une base informelle et faire ainsi du co-voiturage, système d'une grande efficacité puisqu'il divise tout de suite la consommation par deux, trois ou plus. Les ressorts apparaissent ici plus culturels qu'économiques.



Le saviez-vous?

En 1904, la poste française avait 12 véhicules, tous électriques... En 2011, elle gère 68 000 véhicules, dont 650 électriques (y compris quelques *quads* et vélos). Et le groupe accélère : il vient de toucher 250 petites voitures roulant à 110 km/h et vise 10 000 véhicules électriques à moyen terme. Ils sont parfaits pour les tournées, sans compter l'argument environnemental : la poste s'est engagée à réduire de 15 % ses émissions de CO₂ d'ici à 2012. Le gouvernement lui a demandé de fédérer les besoins des entités publiques et d'acteurs privés pour mutualiser les achats et faire baisser les prix.

7 000 personnes pratiquent l'auto-partage en France. Pas terrible : en 2010, ils sont 100 000 aux Pays-Bas, en Suisse ou en Allemagne et 450 000 aux Etats-Unis.



Décollage imminent

Salon après salon, les véhicules « tout-électrique », les véhicules hybrides et les voitures à hydrogène s'affirment, tout au long de l'échelle qui va de l'innovation expérimentale à la commercialisation prometteuse.

Le défi du « tout électrique » est de réaliser une double rupture : des voitures qui n'émettent plus du tout de CO₂ et qui échappent complètement à la menace de la hausse du prix du pétrole. Leur développement repose sur des batteries performantes et rapides à recharger.

Avec quelques 10 000 ventes bon an mal an en France, le concept de l'hybride présente une grande variété de concepts. La « Mild Hybrid » assiste le moteur thermique par un moteur électrique lors des phases les plus consommatrices, le démarrage ou l'accélération. La « full Hybride » propulse électriquement la voiture avec une autonomie complète jusqu'à 60 km, avec des modèles innovants qui ont un moteur diesel à l'avant et un moteur électrique à l'arrière.

Il ne faut pas enterrer trop vite le moteur thermique. Les moteurs à combustion interne font baisser la consommation jusqu'à 3 litres aux 100 km. Et tout constructeur a dans sa gamme des véhicules avec des émissions de CO₂ inférieures au seuil symbolique de 100 g/km.



C'est une maison « verte »...

L'autre secteur, très lié à notre vie, très énergivore, très émetteur de gaz à effet de serre, est celui de l'habitat : les bâtiments dévorent 40 % de l'énergie de la planète !

La ville est une formidable niche d'économies. Avec un urbanisme bien conçu, elle rapproche les habitants des bureaux et des commerces et elle est le lieu le plus favorable aux

transports en commun. La densité urbaine réduit la longueur des réseaux d'électricité, de télécommunications, d'eau, d'égouts...

On sait construire aujourd'hui de nouvelles habitations « neutres », et même « positives », produisant ce dont elles ont besoin pour leur fonctionnement de base. L'investissement au départ – qui n'est guère plus de 5 % – est vite remboursé par les économies sur la consommation réalisées au fil des ans. La difficulté est surtout de rénover l'habitat ancien, ce qui est avant tout un problème financier. Qui paye ? Le propriétaire ou le locataire ? Ou bien le contribuable, si l'on a recours aux techniques de prêts à taux zéro et d'aides fiscales pour faciliter le financement ?

Allant plus loin encore, les architectes ont commencé, sans toujours avoir résolu les problèmes techniques, à concevoir un habitat encore plus « intelligent », une maison verte qui marie les technologies de l'information avec celles de l'énergie.

La maison positive du futur

Elle est construite, des fondations au toit en passant par les vitrages, avec les matériaux les plus performants en termes d'isolation. Elle a de grandes surfaces extérieures dotées d'éléments photovoltaïques souples et capte la chaleur du sol. Le jour, elle produit l'énergie nécessaire aux divers équipements ménagers et la voiture – si elle est au garage – recharge sa batterie. Le « trop plein » alimente un électrolyseur qui fabrique de l'hydrogène. Le soir, une pile à combustible transforme à nouveau l'hydrogène en électricité. La voiture elle-même peut restituer une partie de son énergie à un moment de pointe. Le complément sera fourni par le réseau électrique général, qui, grâce à son intelligence améliorée, mesurera précisément l'énergie nécessaire.



Les enjeux pour la France

- Développer la filière du bâtiment par les travaux de rénovation et d'isolement.
- Impulser la mise en place de normes européennes.
- Favoriser les nouveaux usages de la mobilité et de l'habitat.

CONCLUSION

ENTREPRISES : LE DEVOIR DE CONVAINCRE

Autrefois domaine réservé des experts, l'énergie a fait irruption dans le débat politique. L'intervention des citoyens fait que l'« opinion publique » est devenue un élément des décisions sur les politiques énergétiques. Certains en appellent même au referendum pour trancher les questions les plus controversées.

Cette irruption de l'opinion est une réalité européenne. La décision allemande sur le nucléaire ou l'abandon de projets de stockage de CO₂ aux Pays-Bas, répondent en écho à la législation française interdisant la fracturation hydraulique. Autant de mesures prises sous la pression de mouvements nationaux ou locaux.

Cette réalité induit une triple responsabilité.

Celle du citoyen-électeur d'abord. S'il a son mot à dire, il doit le dire avec raison et prendre sa part dans le suivi du choix. S'il veut de l'éolien et du solaire, il ne peut pas en rejeter les installations. Les anglophones ont un curieux acronyme pour décrire cette responsabilité refusée : NIMBY (*not in my back-yard*), c'est-à-dire « pas dans mon jardin ». Pas de nucléaire, pas de gaz de schiste, pas de grands pylones électriques, pas de hausses de prix, pas d'importations : il est impossible de soutenir tout et son contraire.

Celle de l'élu et du ministre. Les collectivités territoriales sont les plus aptes, par leur proximité, à soutenir efficacement les projets énergétiques des entreprises. Encore faudrait-il qu'elles soient intéressées plus directement aux retours éventuels de ces projets, notamment sur le plan fiscal. Le gouvernement est dépositaire de l'intérêt national et doit expliquer aux citoyens les contraintes qu'il impose. Il lui faut veiller en permanence à l'indépendance énergétique et au respect des réalités économiques.

Celle de l'entreprise. L'industrie énergétique ne peut plus se contenter de communiquer avec les seuls décideurs politiques. Elle doit expliquer à l'opinion publique les raisons et les conséquences de ses projets. Dire clairement pourquoi il faut réduire telle activité sur le déclin et entamer telle exploitation nouvelle. Mettre en valeur ce qui a déjà été fait, au fil des années, pour réduire les impacts sur l'environnement, traiter les déchets ou purifier l'eau et ce qui est prévu comme mesures nouvelles pour poursuivre cet effort qui ne peut être que long et continu.

La tâche n'est pas impossible car les citoyens sont souvent plus sensibles aux arguments économiques, dont ils voient l'impact direct sur l'emploi et le pouvoir d'achat, qu'aux positionnements théoriques.

Expliquer, assurer la transparence des opérations. Convaincre.



Les principales données ont été recueillies dans les bilans annuels de l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les bases d'Eurostat, le handbook du Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Les sites de la Commission de régulation de l'énergie (CRE), de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe), de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), de Réseau de transport de l'électricité (RTE), le portail européen European Energy Review, constituent des sources précieuses, de même que les publications régulières du Centre de géopolitique de l'énergie et des matières premières (CGEMP) à l'Université Paris-Dauphine. L'histoire mondiale de l'environnement de John McNeill, professeur à Georgetown University (*Something new under the sun, Du nouveau sous le soleil*, Editions Champ Vallon) est une synthèse très riche.

Visuel du puzzle en couverture : fotolia : Blank Jigsaw Puzzle - Alex Stokes.
Création graphique et mise en page : elsacrea.com



