

QUEL MIX ÉNERGÉTIQUE DEMAIN POUR LA FRANCE ?

Les énergies renouvelables (ENR) montent en puissance, mais le potentiel est encore largement inexploité. Des investissements conséquents devront être mis en œuvre pour améliorer les rendements et optimiser le réseau de transport d'électricité.

Le grand débat national sur la transition énergétique qui a lieu en ce moment doit aboutir à une loi de programmation avant l'été. En toile de fond, une promesse du candidat François Hollande lors de la campagne présidentielle : réduire à 50% la part du nucléaire dans la production d'électricité d'ici à 2025, contre 78% actuellement. En parallèle, le plan climat adopté en 2008 par l'Union européenne a fixé un objectif de "3x20" d'ici à 2020 : faire passer la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique européen à 20%, réduire les émissions de CO₂ de 20% et accroître l'efficacité énergétique de 20%. Là encore, une cible ambitieuse. *"Au rythme où on va, la France ne parviendra pas à atteindre le ratio de 20% d'énergie renouvelable en 2020, alors que l'Allemagne dépassera les 40% à cette échéance"*, avance **Pascal Martin (H.01)**, président de la société Armorgreen spécialisée dans les nouvelles énergies. Le territoire français présente pourtant de nombreux atouts. Plus grand que l'Allemagne (550 000 km² contre 357 000 km²), il dispose de côtes abondantes pour l'éolien offshore. Il est également positionné plus au sud et bénéficie d'un ensoleillement supérieur : la ville de Rennes se situe sur la même latitude que Munich en Bavière. *"À surface identique de panneaux installés, le potentiel d'énergie solaire est 50% plus élevé qu'outre-Rhin"*, estime Pascal Martin. Pays d'élevage, la France génère par ailleurs de nombreux déchets agricoles qui

peuvent être valorisés en biogaz via la technique de la méthanisation. Enfin, la superficie forestière de la France est bien plus grande qu'en Allemagne... mais moins structurée. *"Avec une surface forestière supérieure de moitié à celle de l'Allemagne, la France installe cinq fois moins de chaudières à granulés bois chaque année"*, regrette Pascal Martin. Pour combler le retard avec le voisin germanique sur les ENR, estimé à dix ans, des investissements conséquents dans l'économie verte devront être réalisés. *"Tout doit commencer par la création d'une véritable filière industrielle. L'ensemble des parties prenantes devra y contribuer, pas seulement l'État mais d'abord et avant tout les universités, les laboratoires et les grandes sociétés de l'énergie"*, diagnostique **Jean-Michel Gauthier**, directeur exécutif de la chaire Énergie et Finance à HEC. Cela passe par de la matière grise et des dépôts de brevets. Pour l'heure, les technologies affichent des rendements encore trop faibles dans des filières comme le solaire, l'hydrolienne (énergie des courants marins) ou encore la géothermie.

STOCKAGE ET TRANSPORT EN QUESTION...

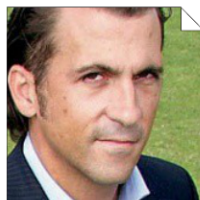
Les énergies renouvelables présentent deux avantages majeurs : elles ne nécessitent pas d'exploiter ou d'importer

SI ON ARRÊTAIT DU JOUR AU LENDEMAIN LE NUCLÉAIRE,
LE PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ BONDIRAIT.



© Forolia

des matières fossiles comme le pétrole, le gaz ou l'uranium, et elles émettent très peu de CO₂. En outre, les installations nécessitent moins de maintenance que pour les énergies fossiles. Mais elles ne fonctionnent pas en permanence et dépendent par définition des conditions climatiques. *"Alors que des centrales thermiques peuvent fonctionner plus de 7000 heures par an, soit plus de 80% du temps, le ratio avoisine les 25% pour l'éolien, et encore moins pour le solaire",* avertit **Jean-Michel Gauthier**. Autre problème, ces énergies ne sont pas stockables et doivent donc être consommées ou transportées immédiatement. *"Le développement des ENR est intimement lié au réseau de transport, explique Pascal Martin. Théoriquement, si on disposait d'un réseau parfaitement adapté et de technologies de stockage performantes et compétitives, on pourrait faire du 100% ENR!"* Mais pour l'heure, le réseau français est centralisé et adapté à des flux allant des centrales nucléaires aux lieux de consommation. L'Allemagne se heurte également à un problème de réseau : *"L'énergie éolienne offshore produite en mer Baltique doit être transportée en Bavière, où se trouvent des grands industriels comme BMW ou Bayer",* décrit **Norbert Durand (H.76)**, directeur de programme chez GDF Suez et président du groupement HEC Énergie-Chimie. D'après le Centre d'analyses stratégiques¹, l'Allemagne devra d'ailleurs consacrer



Pascal Martin (H.01)



Jean-Michel Gauthier



Norbert Durand (H.76)

61

milliards d'euros
C'est la facture
énergétique de la
France en 2011,
soit 88% de son
déficit commercial.

Sur les questions d'énergie, voir également le compte-rendu du
Matin HEC du 12 février avec Gérard Mestrallet, PDG de GDF
SUEZ, page 12.

DES PANNEAUX SOLAIRES NOUVELLE GÉNÉRATION

"Le débat sur le mix énergétique est dominé par une vision jacobine. Les décideurs raisonnent à partir d'une production centralisée." **Stéphane Poughon (MBA.92)**, président de DisaSolar, ne se place pas sur ce terrain-là. Sa PME de vingt-cinq personnes distribue, customise et fabriquera prochainement des panneaux et des films photovoltaïques flexibles, qui produisent de l'énergie électrique destinée majoritairement à être consommée sur place. Les applications sont nombreuses et variées : toits de véhicules (trains, bus, véhicules militaires), mobilier urbain (réverbères, arrêts de bus), outdoor (stations météo, bâtiments en montagne, stations d'enregistrement sismique), etc. La société compte déjà de belles références parmi ses clients, dont la SNCF, EADS, Safran et l'Armée française. "Nos produits permettent d'apporter de l'électricité partout où il est difficile de se connecter au réseau", résume Stéphane Poughon. Ce marché est profitable : alors que pour des panneaux solaires de "première génération" au silicium, le prix au watt ne dépasse pas 1 euro, les produits sur mesure de DisaSolar sont commercialisés jusqu'à 6 euros le watt. "La Chine ne dispose pas d'avantage compétitif particulier sur ce segment", précise Stéphane Poughon.

Fort d'une collaboration avec le CEA, le CNRS et d'autres laboratoires de recherche en Europe et aux États-Unis, DisaSolar est parallèlement en train de développer des panneaux solaires de "troisième génération", appelés également OPV (organic photovoltaics). L'entreprise s'est orientée vers une technologie unique au monde, l'impression jet d'encre, qui permettra de fabriquer des panneaux solaires sur mesure et applicables sur des surfaces complexes, comme le capot d'une voiture, un vêtement ou un sac à main. Une ligne pilote de panneaux photovoltaïques souples organiques est prévue à l'horizon 2016, qui se traduira par l'implantation à terme d'une usine de cent cinquante à deux cents personnes à Limoges.



Stéphane Poughon (MBA.92)



Louis Catala (E.10)

45

milliards d'euros
C'est le montant
que l'Allemagne
devra consacrer
à ses réseaux de
transport et de
distribution d'élec-
tricité d'ici à 2020.



environ 45 milliards d'euros à ses réseaux de transport et de distribution d'électricité d'ici à 2020. La construction de 4000 km de lignes à très haute tension est d'ores et déjà prévue. "La problématique de transport est complexe. Quand on cherche à construire des lignes à haute tension, cela soulève forcément des oppositions des populations locales", ajoute Norbert Durand.

... ET LA QUESTION ÉPINEUSE DU COÛT

Les ENR sont-elles compétitives avec les autres énergies (nucléaire, gaz naturel, charbon...)? Les partisans du nucléaire mettent en avant son prix de revient bien plus attractif, qui rend le coût de l'électricité au mégawattheure (MWh) presque deux fois moins cher qu'en Allemagne pour le particulier. Alors qu'EDF doit vendre à ses concurrents son électricité d'origine nucléaire à 42 euros le MWh conformément au tarif officiel, l'opérateur historique rachète l'électricité au prix de 82 euros le MWh pour l'éolien terrestre, autour de 82 euros pour les centrales solaires de grande taille et 175 euros pour celles de petite taille installées sur toiture. "Si on arrêtaît du jour au lendemain le nucléaire, le prix de l'électricité bondirait", avertit Norbert Durand. Ce qui viendrait non seulement obérer le pouvoir d'achat des ménages, mais aussi dégrader la compétitivité de l'industrie française, qui n'en a pas besoin !" Début

2012, la commission Énergie 2050, créée à l'initiative du ministre de l'Énergie Éric Besson et présidée par Jacques Percebois (professeur à l'Université de Montpellier 1) et Claude Mandil (ancien directeur exécutif de l'Agence Internationale de l'Énergie), recommandait de prolonger la durée de vie du parc nucléaire comme "solution de moindre regret", sous la "condition absolue" que cela soit autorisé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire. "La prolongation de l'exploitation des tranches nucléaires actuelles au-delà de quarante ans constitue certainement le scénario le plus intéressant économiquement, mais peut être contraire à la politique du zéro risque", traduit **Louis Catala (E.10)**, associé chez Mazars en charge du secteur de l'énergie. Le coût du MWh d'électricité d'origine nucléaire n'intègre toutefois pas certains éléments, notamment la recherche en amont et en aval de la construction (prise en charge par l'État) et les coûts futurs de démantèlement des centrales et de recyclage des déchets. "Le coût affiché du nucléaire est fictif et fait régulièrement l'objet de débats passionnés. Son coût de revient réel devient nettement moins avantageux si l'on tient compte de l'ensemble du cycle de vie d'une centrale jusqu'au retour au green field", commente Louis Catala. Il y a un an, la Cour des comptes a estimé à 18,4 milliards d'euros les dépenses de fin de vie des centrales, tout en soulignant que ce chiffrage était en bas de la fourchette des comparaisons internationales. Au

LE DÉVELOPPEMENT DES ENR EST INTIMEMENT LIÉ AU RÉSEAU DE TRANSPORT.



© Forolia

Royaume-Uni, le démantèlement de onze centrales nucléaires (la France en compte cinquante-huit) a ainsi coûté pas moins de 60 milliards d'euros. Quant au coût de gestion à long terme des déchets radioactifs, la Cour des comptes l'évalue à 28,4 milliards d'euros, là encore un chiffre conservateur. Entre 2005 et 2009, l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs a quasiment doublé son devis, à plus de 30 milliards d'euros. Pour l'heure, en prenant uniquement en compte les coûts d'entretien et de mise aux normes des installations, la Cour des comptes indique que le MWh d'électricité d'origine nucléaire devrait augmenter d'environ 10% par rapport au prix actuellement pratiqué.

LA COMPÉTITIVITÉ DES ENR

Parallèlement, la France développe le nucléaire de "troisième génération", dont les centrales, plus sûres et conçues pour une durée de vie de soixante ans, sont censées réduire d'environ 17% la consommation d'uranium. Mais le coût de ce programme est régulièrement revu à la hausse: estimé initialement à 3,3 milliards d'euros, le prix du chantier de l'EPR (réacteur pressurisé européen) de Flamanville (Manche) a déjà presque triplé pour atteindre 8,5 milliards à fin 2012, un chiffre non définitif car la mise en service est prévue pour 2016 (contre une date d'achèvement ini-

tialement prévue pour 2012). Dans un rapport de l'an dernier², le Sénat avance le coût de 90 à 110 euros par MWh pour l'EPR... soit davantage que l'éolien terrestre. Alors, compétitives les ENR? "L'argument selon lequel les énergies nouvelles sont chères est exact à l'heure actuelle, mais ne tient pas à moyen ou long terme, lâche Pascal Martin. Il suffit d'observer qu'en cinq ans, le coût d'une installation solaire a été divisé par quatre, et les prix ont suivi. Or il y a encore du potentiel de baisse des tarifs, sauf pour l'éolien qui a atteint sa maturité." D'après lui, dès la fin de la décennie, les énergies nouvelles pourraient être plus compétitives que les énergies "traditionnelles" (charbon, gaz, nucléaire).

Encore faut-il que les politiques de soutien gouvernementales appuient correctement l'éclosion de la demande. À ce titre, la filière solaire a souffert d'une politique incohérente ces dernières années. Les tarifs de rachat, initialement très élevés, n'ont pas été revus suite à la baisse du coût des installations, au point qu'une bulle s'est formée. Elle a explosé en 2010, lorsque le gouvernement a annoncé un moratoire et une baisse drastique des tarifs de rachat. "Les pouvoirs publics auraient mieux fait de s'inspirer de l'Allemagne, qui a mis en place des mécanismes d'ajustement automatique, juge Pascal Martin. La filière solaire a été massacrée par cette gestion incohérente." La filière

32 500

Ce sont les emplois de la filière photovoltaïque en 2010... contre 18 000 en 2012.



DES GRAISSES ANIMALES POUR ALIMENTER SON MOTEUR

La ministre de l'Écologie Delphine Batho le rappelait cet été : la biomasse constitue la première filière d'énergies renouvelables de notre pays, avec près de 50% de la production d'ENR. On entend par "biomasse" tout ce qui est produit par les êtres vivants : le bois, la surproduction agricole, les déchets agroalimentaires, le gaz méthane par fermentation de déjections animales, etc. La France est notamment le quatrième producteur mondial de biocarburants, derrière les États-Unis, le Brésil et l'Allemagne. Depuis 2005, le Grenelle de l'environnement impose d'incorporer une part de biocarburant dans le carburant. Le ratio, actuellement de 7 %, devra passer à 10 % d'ici à 2020, suite à une directive de la Commission européenne.

À côté des biocarburants "de première génération", d'origine végétale (huile de colza), certains acteurs se sont spécialisés dans les biodiesels d'origine animale ou EMHA*. C'est le cas du groupe allemand Saria Industries qui emploie mille trois cents personnes en France. Il y a quelques mois, en association avec le groupe Intermarché, Saria a lancé la construction de la première usine française dédiée à la fabrication de biodiesel à partir de graisses animales et d'huiles de friture usagées, au Havre. À l'heure actuelle, la filière viande génère 130 000 tonnes par an de graisses animales impropres à l'alimentation humaine ou animale. Ce gisement est majoritairement brûlé en chaudière. Dommage, car le biodiesel d'origine animale dispose de vertus écologiques non négligeables. La directive européenne sur les énergies renouvelables indique que les EMHA réduisent les émissions de gaz à effet de serre de 83 %, soit environ deux fois mieux que les biodiesels d'origine végétale. "Notre usine du Havre ouvre une voie de valorisation pour les graisses animales impropres à la consommation, résume **Serge Verdier (H.86)**, directeur général de Saria France. De plus, ces carburants de seconde génération n'entrent pas en conflit avec un usage alimentaire."

À signaler également l'essor en France du biogaz produit à partir de déchets. Celui-ci peut désormais être injecté dans le réseau de distribution de gaz naturel, grâce au cadre réglementaire mis en place par les pouvoirs publics. Ainsi à Lille et à Forbach, du biométhane produit par les centres locaux de déchets est injecté dans le réseau et sert notamment à alimenter les flottes de bus locales en GNV (gaz naturel véhicules).

(*) Esters méthyliques d'huile animale.



Serge Verdier (H.86)

60

milliards d'euros
C'est le coût de
démantèlement
de onze centrales
nucléaires au
Royaume-Uni. La
France en compte
cinquante-huit.



photovoltaïque a perdu près de la moitié de ses emplois en deux ans, passant de 32 500 en 2010 à 18 000 en 2012. "Les acteurs ont du mal à emprunter, car les banquiers craignent le manque de stabilité des politiques de soutien. La chaîne de financement est grippée", poursuit Pascal Martin. Au début de l'année, le gouvernement a néanmoins annoncé des mesures visant à relancer la filière. Le dispositif de 2 milliards d'euros est censé permettre la création ou le maintien de dix mille emplois. Les tarifs d'achat ont été augmentés de 5 % et seront révisés chaque trimestre pour les panneaux solaires installés sur les toits de bâtiments.

QUEL AVENIR POUR LES GAZ DE SCHISTE ?

La montée en puissance des ENR suffira-t-elle à rééquilibrer le mix énergétique et à réduire notre dépendance au nucléaire ? "Je ne le pense pas, répond Louis Catala. Les infrastructures produisant des ENR sont et resteront insuffisantes pour répondre à des besoins croissants en énergie. De surcroît, elles sont par nature intermittentes, or l'offre doit être corrélée à la demande. Des gisements d'origine fossile devront nécessairement compléter le mix." Une option notamment fait débat depuis plusieurs années en France : celle des gaz de schiste. Au mois de novembre, le

ministre du Redressement productif, Arnaud Montebourg, recommandait de "se pencher sur les avantages" de cette énergie, dont le rapport de Louis Gallois (H.66) conseillait l'exploration afin de diminuer nos coûts et nos importations. Pourtant, le président François Hollande (H.75) s'est engagé à interdire le procédé de fracturation hydraulique, méthode actuellement pratiquée pour extraire les gaz de schiste. Les États-Unis ont démarré l'exploitation de ces gaz non conventionnels à partir de 2007, avec des résultats économiquement convaincants. La production intérieure de gaz couvre désormais 90 % des besoins américains, contre 38 % pour l'Union européenne. En outre, le prix du gaz est tombé de 5,80 à 3,30 dollars par Mbtu³ entre janvier 2010 et janvier 2013. En octobre dernier, les Européens payaient ainsi leur gaz 3,3 fois plus cher que les Américains. Certains groupes industriels américains se sont même mis à relocaliser des activités pour bénéficier du prix local de l'énergie, avec un impact positif sur l'emploi. De tels avantages n'ont pas manqué d'inspirer d'autres pays, notamment la Pologne et plus récemment la Grande-Bretagne qui a autorisé en décembre la reprise des forages exploratoires par fracturation hydraulique. L'Allemagne, de son côté, a diligenté un groupe de travail réunissant des experts scientifiques, industriels et politiques, et attend ses conclusions avant de se prononcer. Si le potentiel est énorme (le sous-sol français, notamment, disposerait de

TOUT DOIT COMMENCER PAR LA CRÉATION D'UNE VÉRITABLE FILIÈRE INDUSTRIELLE DES ENR. L'ENSEMBLE DES PARTIES PRENANTES DEVRA Y CONTRIBUER.



© Forolia

près de la moitié des ressources potentielles en Europe de l'Ouest), les impacts environnementaux de la fracturation hydraulique font l'objet de controverses. Une étude de la Commission européenne publiée en septembre⁴ met en évidence "des risques de contamination des sols et eaux souterraines", "l'appauvrissement des ressources en eau", la "pollution de l'air et sonore" ou encore la "perturbation de la biodiversité", tandis que l'Association santé environnement (Asef), qui regroupe deux mille cinq cents médecins, souligne la présence dans les puits d'extraction d'agents "hautement cancérogènes"⁵. "Des images satellites prises au-dessus des États-Unis montrent des effets de bord non désirables : on peut observer les dégâts environnementaux liés à l'exploitation des gaz de schiste, sans compter les émissions inéluctables de CO₂ autour des puits de forage", reconnaît Louis Catala. Malgré les risques, "il serait suicidaire de ne pas au moins étudier cette possibilité", estime Norbert Durand. Avec une facture énergétique de 61 milliards d'euros en 2011, soit 88% de son déficit commercial, la France "devrait étudier sérieusement la question et mener des sondages pour mesurer le potentiel réel des gaz de schiste", poursuit-il. Pour l'heure, en l'absence d'alternatives crédibles à la fracturation hydraulique, François Hollande refuse de délivrer des permis d'exploration. L'industrie mène des recherches sur de nouvelles techniques : fracturation au propane liquéfié, à l'air

comprimé, par arcs électriques, à la mousse de dioxyde de carbone... Celles-ci n'ont pour l'instant pas abouti. "Je laisse les entreprises, les chercheurs travailler, et je prendrai mes responsabilités le moment venu si une nouvelle technique apparaît", a déclaré le Président de la République au mois de novembre. "Inutile de se précipiter, estime Louis Catala. Si nous attendons dix ou quinze ans avant d'exploiter ces gisements de gaz, nous bénéficierons d'un saut technologique lié au retour d'expérience des autres pays, et nous serons donc en mesure de mieux maîtriser les effets liés à l'exploitation. Par ailleurs, nous en tirerons probablement un meilleur prix de marché qu'aujourd'hui." Affaire à suivre. ●

50%
C'est la part de la biomasse dans la production d'ENR en France.

1 - Centre d'analyses stratégiques : successeur du Commissariat général du Plan, qui dépend du Premier ministre.

2 - Source : Commission d'enquête du Sénat sur le coût réel de l'électricité, juillet 2012.

3 - Mbtu : millions de btu (British thermal units). Un Btu est la quantité de chaleur requise pour élever une livre anglaise d'eau de 1 °F.

4 - http://ec.europa.eu/energy/studies/energy_fr.htm.

5 - www.asef-asso.fr.