

Séance publique du 6 janvier 2014

Le photovoltaïque en France : quel avenir ?

par Gérard BOUDET

MOTS-CLÉS

Photovoltaïque - Energies nouvelles renouvelables - Grenelle(s) de l'environnement - Eolien - Transition énergétique.

RÉSUMÉ

A partir du constat des divers moyens énergétiques mis en œuvre en France et en Europe, le point est fait sur la situation du photovoltaïque aujourd'hui avec deux questions essentielles : Quel avenir pour la filière ? Quels moyens pour y parvenir ?

En conclusion doit-on observer un moratoire de plusieurs années pour atteindre des seuils de coûts compatibles avec notre économie ?

Pourquoi parler aujourd'hui d'une question que nous connaissons tous ?

Au point que lorsque j'ai proposé ce titre de conférence à notre secrétaire perpétuel, il m'a répondu : L'avenir du photovoltaïque en France... avec un point d'interrogation ou un point d'exclamation ?

C'est dire que les idées dans le conscient de chacun ne sont pas tranchées. Pour certains le photovoltaïque c'est l'avenir, et il y a lieu de s'en préoccuper, pour d'autres le photovoltaïque appartient au passé, persuadé qu'il nous faut chercher d'autres formes d'énergies renouvelables, pour subvenir aux besoins des générations futures.

La question des énergies renouvelables intermittentes, les ENR, étaient déjà d'actualité il y a quelques décennies. Le mot "intermittentes" est important et nous aurons l'occasion d'en parler plus longuement par la suite.

Utiliser l'énergie solaire pour les besoins de l'humanité, voilà une réponse à la réduction à terme des moyens nucléaires. J'ai souvenir d'une conférence donnée en 1969 à l'Université des Sciences de Montpellier où Louis Leprince-Ringuet en compagnie du président d'EDF du moment Marcel Boiteux, venaient expliquer pour la circonstance la sécurisation des déchets nucléaires par le procédé de vitrification. Des questions fusèrent de toutes parts et l'énergie solaire a été proposée, qu'elle soit thermo ou photovoltaïque, comme alternative au nucléaire.

A l'apostrophe d'un étudiant tendant son gamin à bout de bras, prônant l'énergie solaire en invoquant les dangers potentiels de la vitrification ; "et lui qu'est-ce que vous en faites ?", Marcel Boiteux répondit alors : "Le soleil est la plus mauvaise marmite que je connaisse !". Marcel Boiteux devait cependant savoir que théoriquement, l'ensoleillement qui frappe la terre en une heure de temps devrait

suffire à offrir de l'énergie pour les besoins d'une année de l'ensemble des êtres humains. Cela éveille et attise tous les espoirs pour exploiter ce potentiel énergétique considérable au regard de la nature. Il faut savoir aussi que c'est aux deux français Antoine-César et son fils Alexandre-Edmond Becquerel que l'on doit la découverte de l'émission d'électrons par l'action de la lumière sur des semi-conducteurs et qu'il a fallu plus d'un siècle de silence et d'inaction pour appliquer cette découverte à l'industrie aérospatiale en 1950... que de temps perdu !!

*Je propose donc pour faire face à ce qui nous arrive, **de faire le point sur la situation du photovoltaïque aujourd'hui**, et de nous poser les deux questions :*
- Quel avenir pour cette filière ?
- Quels moyens pour y parvenir ?

Nous devons faire face

Déjà dans la mythologie grecque, l'énergie est au goût du jour et Prométhée voulant compenser les erreurs de son frère Epiméthée dont le nom signifie : “qui réfléchit trop tard” (nous avons avec la crise subi quelques décisions “Epiméthéennes”, nous le verrons par la suite), est allé sur le char du soleil dérober un tison de feu qu'il a soigneusement dissimulé dans un roseau ou une canne de fenouil, pour amener et communiquer sur terre le “feu sacré” aux hommes : *ce feu divin, source d'énergie toute aussi spirituelle que matérielle.*

Je pense que nous aurons pour traverser et sortir vainqueur de la crise énergétique, besoin de la conjugaison de ces deux feux que Prométhée nous a offerts, afin de faire naître des solutions à l'épineux problème énergétique que nous avons à résoudre.

La production de l'énergie est depuis le début du XIX^e siècle une question essentielle pour l'avenir de l'humanité. Il y a 45 ans, en 1979, les scientifiques ont tiré la sonnette d'alarme lors de la première conférence des Nations-Unies nous avertissant qu'un processus de changement climatique dû à l'accélération des besoins énergétiques de l'activité humaine, se mettait en place avec pour conséquence une augmentation de la température et ses incidences sur les changements de climat. Il faudra attendre cependant, plusieurs Sommets après le “Sommet de la Terre de Rio” pour que les pays industrialisés envisagent le principe d'une stabilisation de leurs émissions de gaz à effet de serre de 1992 à l'horizon 2000.

Déjà la France, dès les années 50, avait pris conscience des besoins énergétiques à long terme, grâce au Commissariat au Plan. Des “scénarii” énergétiques avaient été mis en place. Les mathématiciens de l'époque commençaient à concevoir des modèles nécessitant la résolution d'équations fort complexes que les ordinateurs de l'époque pouvaient à peine résoudre. Les conclusions de ces rapports sont allées comme vous le savez, vers une incitation à la production d'énergie de masse et pour faire face, la France a opté en son temps, avec le CEA à la production massive d'énergie nucléaire.

Des équipes scientifiques se mettent au travail, des outils statistiques sont élaborés, des modèles probabilistes sont jetés en pâture dans les médias, des schémas catastrophes naissent tous azimuts, l'opinion publique est mobilisée, des sommets à l'échelle mondiale sont organisés.

Organisation de sommets mondiaux

L'organisation des sommets sur l'avenir des productions énergétiques, dont la majeure partie des pays participants sont industrialisés, a donné lieu en France à la mise en place de grands forums de réflexion sur les moyens à mettre en place afin de lutter contre l'aggravation du changement climatique en maîtrisant les moyens de production des énergies. Les ***Grenelle de l'Environnement numéros 1 puis 2, appartiennent au passé, aujourd'hui il est question de la "Transition énergétique"***.

Il est vrai que la question est essentielle d'autant que la Terre continue à se réchauffer malgré les grands sommets successifs, Kyoto en 1997, Johannesburg en 2002, Copenhague en 2009... ou la XIX^e conférence sur les changements climatiques organisée en 2013 à l'initiative des Nations-Unies à Varsovie où 195 pays étaient représentés pour arriver aux conclusions suivantes : Il faut agir vite !

L'inaction est souvent de mise. On accuse la crise en invoquant alors "que les caisses sont vides". ***Cependant de bonnes résolutions sont prises, il faudrait diviser par le FACTEUR 4 d'ici 2050 les émissions de gaz à effet de serre par rapport à l'année de référence 1990.***

René Dumont, candidat valeureux aux élections présidentielles et un de nos premiers écologistes compétents ne disait-il pas : "Il ne peut y avoir de développement fut-il durable, sans augmentation de la consommation d'énergie".

Le réchauffement climatique est bien présent, pour le ralentir il est nécessaire de mettre en œuvre des processus de production d'énergie alternative, malgré une augmentation de la population de la planète et de ses besoins qui ne cessent de croître. Nos stocks de combustibles fossiles s'épuisent, nous devons les thésauriser, raison de plus pour aller de l'avant.

Pour faire face, deux facteurs à prendre en compte

La population mondiale augmente

L'évolution de la population mondiale de 1995 à 2020 aura une croissance de 33% soit plus de deux milliards d'individus essentiellement dans les pays en voie de développement, avec une forte concentration dans les mégalopoles.

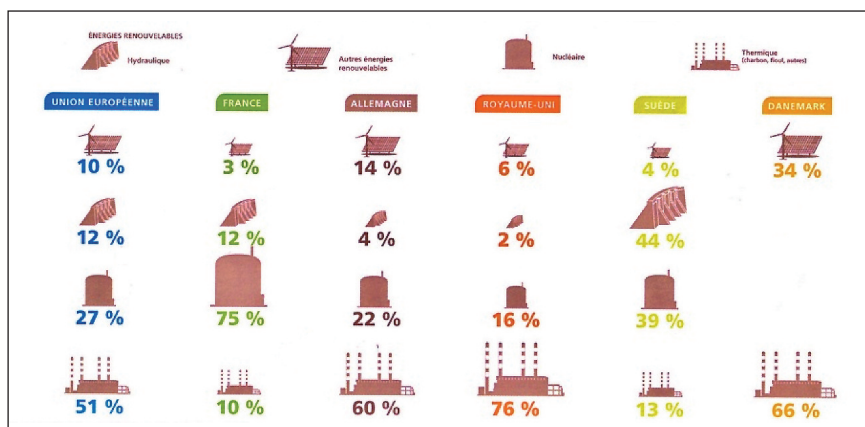
Les besoins en énergie augmentent naturellement

Au rythme du développement actuel, si l'on ne prend pas de mesures, la consommation mondiale d'électricité aura doublé en 20 ans, de 2000 à 2020. Dans ces conditions il faudrait construire autant de centrales électriques que pendant tout le XX^e siècle... si entre temps, on ne prend pas de mesures pour limiter les consommations... d'où l'utilité de l'application des décisions prises lors des 19 conférences organisées par l'ONU, dont la dernière se tenait à Varsovie.

Où en sommes-nous aujourd'hui ?

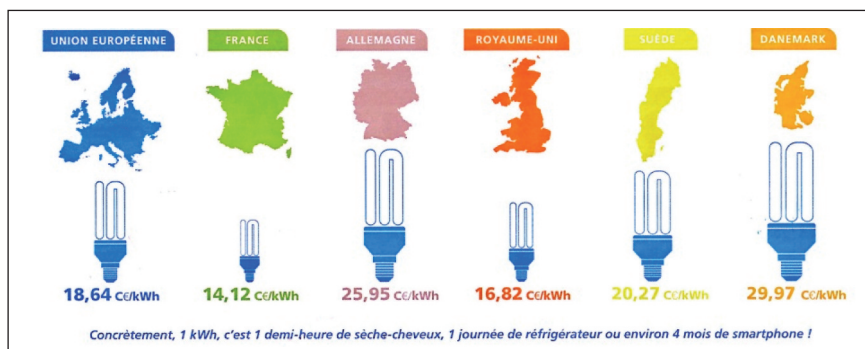
Dans un premier temps je vous propose de limiter notre réflexion sur l'Europe, en faisant un état des lieux par pays sur les moyens et les coûts des productions énergétiques ainsi que les moyens d'optimisation qui sont mis en place pour réduire la facture. Dans un second temps faire le bilan des mesures prises lors des Grenelle 1 et 2.

Les moyens de production de l'électricité en Europe



Graphique des moyens de production en Europe.

Les coûts de l'énergie électrique en Europe (document EDF)

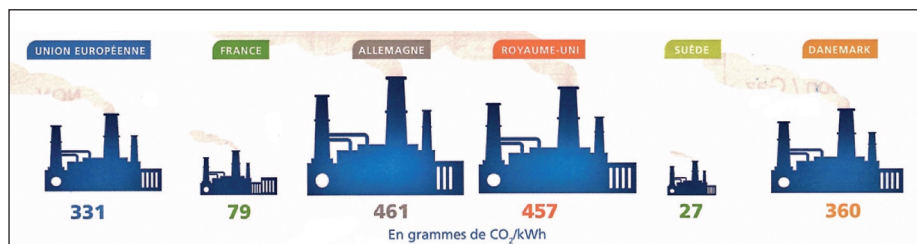


Les modèles d'optimisation de répartition des énergies existent et fonctionnent

Les coûts varient en fonction des moyens de production mis en œuvre. Le système d'enchères mis en place par les principaux producteurs Européens permet une concurrence parfaite, au point que le gestionnaire français RTE est en charge de l'équilibre qui doit exister entre l'offre et la demande. Le prix est fait au jour "J-1",

heure par heure, d'où l'utilité des modèles mathématiques de simulation de la production et de la demande. De plus pour absorber une pointe de quelques heures, se pose toujours la question : "doit-on pour éviter de payer le prix fort faire appel à une centrale thermique au charbon ou au gaz pour quelques heures de fonctionnement" ? Connaissant les coûts fixes pour démarrer ce type de centrale, l'utilité des modèles est d'autant plus nécessaire.

Aujourd'hui en France le prix de vente du kWh est de 14,12 centimes d'euro alors qu'en Allemagne il est de 25,95 c€. Le coût maximum se situe au Danemark avec un prix de fourniture de 30 c€, du fait que le tiers de son énergie est fourni par les ENR et les deux autres tiers en majeure partie par le charbon et le fioul.



Graphique des émissions de CO₂ (doc EDF)

Pour les émissions du CO₂ en Europe ; la France du fait de sa forte production d'électricité à partir de l'énergie nucléaire est au premier rang avec 79 grammes de CO₂ par kWh, alors que le Royaume-Uni ou l'Allemagne culminent à 460 grammes.

Pour la France, le coût facturé par EDF n'est pas réel du fait qu'aujourd'hui il existe un solde négatif qui s'élève à 5 Md€ dus à une sous-estimation de la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité). Notons que pour l'Allemagne, le kWh est taxé de 8 c€ sur les 25,95 c€ contre 1,3 c€ pour la France pour un coût global de 14,12 c€.

La mise en application du Grenelle

Une addition salée...

Afin de réduire l'appel à la fourniture d'énergie nucléaire, un vaste programme d'incitation à la mise en place d'installations de production des ENR a été décidé, en particulier dans les domaines éolien et photovoltaïque sur toitures et au sol.

Des micro-installations photovoltaïques ont vu le jour sur les toits des maisons particulières en majeure partie, ainsi que quelques centrales au sol. Tout cela a été réalisé grâce à des mesures très incitatives. Toutes ces installations, et c'est la loi en France, doivent fournir l'énergie produite au Réseau.

L'énergie électrique fournie au Réseau par ces micro-installations (on en dénombre près de 310 000 ⁽¹⁾ aujourd'hui), entraîne une complexité de mise en œuvre de moyens disproportionnés dans les systèmes de distribution. RTE qui a la charge de gérer les différentes énergies produites, est passé de quelques centaines de producteurs à aujourd'hui plusieurs centaines de milliers.

Les connexions mises en œuvre pour quelques kW ne sont pas d'une rentabilité évidente, et il y aurait lieu de penser que pour assurer la viabilité de ce système, il faudrait que l'énergie produite soit consommée sur place ou stockée pour être utilisée au moment opportun.

Aujourd'hui cette énergie est fournie et facturée à RTE, que cette énergie soit utilisée ou pas, d'autant que la production d'énergie solaire se situe dans une fourchette d'heures couvrant 15% du temps contre 25% pour l'éolien. Cette période de production, ne correspond pas forcément à une période de consommation. L'énergie produite si elle n'est pas consommée ou stockée devient inutile. Edison avait en son temps déjà pensé à développer un véhicule électrique en réglant... le problème de la batterie.

Ces productions d'énergie, aléatoires et difficilement programmables, engendrent des coûts supplémentaires que les gros producteurs Européens ne voient pas d'un bon œil. A l'initiative du Président de GDF Suez, se sont regroupés sous le nom "G10", les dix plus gros énergéticiens de l'Europe, afin de protester auprès de Bruxelles contre les dysfonctionnements de l'Union Européenne en matière d'incertitudes réglementaires et souhaiter un développement mieux organisé et plus mesuré des énergies vertes. L'accent a été mis sur les besoins aujourd'hui des énergéticiens concentrés sur les moyens à mettre en œuvre en période de consommation de pointe. En effet le solaire et le vent produisent de l'énergie lorsque les besoins sont les moins élevés, l'énergie captée est fatale donc non programmable. Les productions de ces énergies ont des contraintes propres et malgré les aléas climatiques on reconnaît des vertus à l'énergie hydraulique qui peut, malgré certaines années comme en 2011, produire 30% de moins que la moyenne annuelle.

De plus si le développement des ENR devient trop important, un impact sur la dégradation des coûts des autres moyens de production énergétique se fera jour. En effet dans un premier temps il n'est pas question de réduire le parc des installations existantes, pour faire face aux besoins de pointe, et un moindre fonctionnement de ces dernières se traduira par des charges fixes absorbées par des productions plus faibles.

Bilan des mesures prises. Le temps des comptes !!!

La CSPE. Contribution au Service Public de l'Electricité.

Les politiques très favorables à la mise en œuvre de ces types de productions dites "écologiques", ont embrayé le pas sur un vaste programme avec la mise en place d'incitations financières très fortes. Ces mises en œuvre ont d'ailleurs été suivies par beaucoup de pays d'Europe au point que des lois Européennes ont permis de déroger aux règles simples du marché en favorisant la mise en place de ce type d'aide. Le consommateur a donc été choisi pour financer cette incitation qui fait qu'aujourd'hui le programme de moyens mis en œuvre pour produire l'énergie photovoltaïque a été réalisé à près de 80%, malgré les déclarations du ministre du moment : "ce n'est pas au consommateur français de subventionner l'industrie chinoise des panneaux solaires". En effet dans l'investissement global d'un générateur photovoltaïque, près de 80% du coût représente l'achat des panneaux. Notons au passage que l'achat de ces panneaux entraîne aussi un déficit commercial qui a dépassé largement le milliard d'euros.

La mise en place de la CSPE

Le principe mis en place est simple, l'énergie électrique fournie par les moyens ENR est achetée à un prix supérieur au prix de revient par les fournisseurs d'énergie électrique, pour être revendue au prix du marché.

Les premiers tarifs étaient hyper-attractifs (**58 c€/kWh** pour les installations en toitures et 30 c€ pour les installations au sol) alors que le coût de production en France d'un kWh est de l'ordre de 6 c€.

Aujourd'hui ces prix varient en fonction des installations. Ils sont de l'ordre de 30 c€/kWh pour les résidentiels bâtiments et 8cts€ pour le photovoltaïque au sol.

Le manque à gagner du fournisseur qui est obligé de racheter le kWh généré par la source photovoltaïque, qu'il en est besoin ou pas, est compensé par la perception d'une prime qu'est la **CSPE**⁽²⁾. Cette CSPE figure sur toutes les factures de fournisseurs d'énergie électrique. La CSPE couvre différentes charges et pour l'essentiel aide à compenser l'écart de coût du photovoltaïque et les complexités liées aux réseaux.

Aujourd'hui pour un prix facturé de 13,5 c€/kWh, la part de la CSPE est de l'ordre de 1,3 c€/kWh ; Il faudrait pour combler le trou la porter à 2 c€/kWh soit une augmentation de tarif de 15%. Pour 2013, cette taxe est portée à 1,6 c€/kWh, elle aura pour incidence d'augmenter les tarifs de moins de 2%, une augmentation similaire est prévue pour 2014.

Conséquences des mesures prises

Un emballement dans la mise en place des installations puis un frein pour la ralentir

A l'issue des Grenelle 1 et 2, ces mesures ont été objectivement "très" incitatives au point qu'il a été nécessaire de mettre en place un moratoire destiné à mettre un frein au développement de cette énergie verte. On a alors assisté à un véritable "Tango" de mesures, qui a eu pour effet de déstabiliser la branche des producteurs de panneaux et des installateurs.

Ces mesures ont eu pour conséquence d'accélérer l'atteinte des objectifs fixés pour le photovoltaïque afin qu'en 2020 la production électrique de cette branche soit portée à 5 400 MWc soit en moyenne une production annuelle de 7 000 GWh ou 7 TWh, ce qui représente par rapport à la production électrique française en 2012, 1,3%. Aujourd'hui plus de 4 000 MW sont installés et il est à parier que fin 2014 les objectifs de 2020 seront presque atteints... ***Devons-nous pour autant arrêter de produire de l'énergie photovoltaïque ?***

C'est toute la question de l'avenir de cette filière énergétique, qui, je le pense fortement n'a pas dit son dernier mot. En effet l'Académie réfléchit à ce que devra être le devenir de cette énergie et contribue à donner des informations à tout public en ce sens.

Où veut-on aller ?

Le troisième round : la transition énergétique.

Réduire notre consommation énergétique.

Mieux gérer nos ressources énergétiques.

Développer les énergies renouvelables intermittentes.

Mieux gérer nos ressources énergétiques

C'est une composante incontournable que les politiques énergétiques doivent prendre en compte. Elle reprend tout ou partie de sages résolutions prises par les deux Grenelle, en essayant d'y apporter plus de volontarisme dans la ***réduction des moyens de production d'énergie nucléaire qui représentent aujourd'hui 75% et qui seront selon le programme actuel réduit à 50 %***. Proposition qui a pris d'autant plus de signification du fait des récents effets de la catastrophe de Fukushima. Réduire les capacités de production d'énergie nucléaire engendre forcément une obligation : celle de compenser cette réduction par des ENR, du fait que la production nucléaire n'engendre pas d'émission de CO₂.

Il faut donc pour changer nos modes de production, réaliser des investissements que le prix d'achat de notre électricité ne permet pas de réaliser. De nombreux pays d'Europe aujourd'hui s'équipent de centrales gaz-vapeur, installations de cogénération. Ces installations ont des coûts de démarrage automatisé faible et sont, je pense, adaptées en partie à répondre aux besoins de demain, mais génératrices de grandes quantités de CO₂ elles engendrent une dépendance politique aux grands pays fournisseurs de gaz, de charbon et de pétrole.

Création de modèles mathématiques et autoconsommation des productions

Une école de modélisation des systèmes énergétiques s'est intéressée à la création spécifique de ces modèles énergétiques. *Cette approche commence aujourd'hui, grâce aux moyens informatiques, à se répandre en Europe, y compris auprès de la Commission européenne qui entretient désormais une batterie de "scénarii" établis avec le modèle PRIMES du Professeur Capros et dont l'horizon est 2050*⁽³⁾. Ces études donnent lieu à une multiplication de rapports scientifiques le plus souvent convergents. Je dois ajouter pour avoir travaillé durant près de quarante années en prise directe avec les caprices de la climatologie que, malgré ce, je qualifierai allègrement une partie de ces rapports d'alarmistes. Une forte pointe de demande en électricité due à un effet climatologique peut désorganiser un réseau s'il n'est pas prévu suffisamment à l'avance.

Devant l'ampleur du problème, ces plans mis en place, avec des efficacités relatives, montrent la complexité de la résolution. Les "scénarii" permettent d'éclairer les choix politiques qui s'imposent afin d'identifier les impacts de ces choix et de nourrir des feuilles de route opérationnelles. Par contre, ils ne sont pas faits pour définir les outils de politique énergétique, autrement dit de production.

Le Professeur Capros⁽⁴⁾ a illustré les défis que pose cette transition énergétique à l'Union européenne, en termes d'infrastructures à construire, d'efforts demandés aux citoyens et aux entreprises. Il a souligné l'importance de l'échéance intermédiaire de 2030, puisque nous visons 2050, en ce qui concerne la rénovation des bâtiments et l'électrification des transports. *Il a conclu sur l'intérêt de définir des objectifs quantifiés à 2030 et de mettre en place des politiques fortes pour renforcer les signaux du marché et développer les infrastructures appropriées.*

Une chaire spécialisée dans la prospective des besoins et fournitures énergétiques selon divers éléments a été créée au sein de l'Ecole des Mines de Paris.

Les premières conclusions orientent les décideurs vers des solutions qui convergent toutes vers des économies d'énergie et des sacrifices financiers et j'avoue qu'à la lecture de ces rapports, nous aurons tous besoin du "feu sacré de Prométhée" pour accepter de financer tous ces nouveaux moyens de productions énergétiques par l'intermédiaire de la fameuse CSPE, "Contribution au Service Public de l'Electricité", créée pour la circonstance et que nous connaissons tous au travers de nos factures EDF. Il est aussi souhaitable d'éviter de refaire l'erreur d'Epiméthée (une seule suffit !) : mettre en œuvre des mesures qui ne pourront pas avoir de justification économique, comme les tarifs de rachat.

Pour le photovoltaïque, il est un fait certain aujourd'hui, il est nécessaire de trouver des moyens qui permettront d'utiliser l'énergie produite par le fournisseur lui-même. Nous devons aller vers l'autoconsommation. Pour cela, des programmes de recherches doivent être mis en place pour stocker cette énergie "fugace", puisqu'elle n'est produite que durant quelques heures par jour, au moment en général où les utilisateurs potentiels sont en dehors de leur foyer domestique. Il en est de même pour la production éolienne.

Pour les programmes de centrales au sol, **aller comme le préconise le programme vers plus de décentralisation** et accroître l'autonomie énergétique des territoires. Ce thème fera l'objet d'un point particulier pour la Région Languedoc-Roussillon.

Développer les énergies renouvelables intermittentes

Pour atteindre les 23% d'énergies renouvelables en 2020 il faudra...

- 25 000 MW d'éolien dont 6 000 MW offshore ;
- 5 400 MW de photovoltaïque ;
- 1,4 Mtep de Biomasse énergie (X7 par rapport à 2006) ;
- 2,4 Mtep de géothermie et pompe à chaleur ;
- Hydroélectricité. C'est à définir.

Pour atteindre ce vaste programme, une batterie de mesures est mise en place. Pour le photovoltaïque, à ce jour aucune mesure n'est définie. Il faut savoir que pour 2020 l'objectif des 5 400 MWc sera presque atteint courant 2014.

Devons-nous pour autant stopper le développement de cette branche ?

Que représente la contribution énergétique de 5 400 MWc issus du photovoltaïque ?

La consommation annuelle en France aujourd'hui est de près de 500 TWh. L'éolien à fin 2013 fourni au réseau, 14 TWh soit 3%, le photovoltaïque à la même période fournit au réseau près de 5 TWh soit 1%.

Selon les conclusions des rapports sur la "Transition énergétique", substituer 25% de production d'énergie nucléaire en ENR n'est pas une mince affaire. Nous parlons aujourd'hui de 125 TWh, en considérant qu'en 2025, la consommation sera identique à celle d'aujourd'hui, ce qui n'a rien d'évident lorsque l'on observe les consommations durant les 10 dernières années. Rappelons-nous de la courbe d'évolution des populations à l'horizon 2050.

Les technologies au secours des coûts

La crise économique aidant, il est de plus en plus difficile pour les fournisseurs d'énergies de faire face à la concurrence des bas coûts engendrés par l'énergie nucléaire. La volonté politique actuelle, accentuée par Fukushima, veut privilégier les ENR, mais à quel prix ?

La mise en place de la CSPE peut répondre partiellement au "mix énergétique", mais pas totalement. Tous les colloques, sommets de haut niveau qu'ils soient mondiaux ou Européens, prônent une plus grande production d'énergie verte.

Une solution pour le photovoltaïque s'amorce : celle des nouvelles technologies. Les nouveaux constructeurs conçoivent des cellules, cœur des panneaux photovoltaïques, présentant un rendement plus important avec des coûts de production inférieurs aux cellules actuelles et une longévité plus grande.

La situation du photovoltaïque au début de 2014

Le programme selon les objectifs du Grenelle 2 Environnement a été réalisé à plus de 80% à partir de diverses mesures incitatives très favorables aux installateurs et qui font qu'aujourd'hui en particulier beaucoup de nos toits sont équipés de plaques photovoltaïques. L'énergie produite est renvoyée sur le réseau qui doit "en faire son affaire" du fait que cette énergie payée à chaque producteur particulier au prix fort sera ou non utilisée. N'oublions pas que cette énergie comme nous l'avons dit est fatale, non programmable, et produite au moment où en principe les besoins du réseau sont moindres.

Les installations au sol sont par contre bien moins nombreuses du fait des contraintes agro-environnementales. En effet les lois en matière d'environnement ont pratiquement limité l'implantation de ce type d'installation sur les zones non agricoles, qui ne sont pas protégées par un quelconque statut environnemental de type Natura 2000, ZNIEF, etc. Tout cela fait que l'on ne peut en France installer de générateurs photovoltaïques que sur des zones de types : anciens dépôts de déchets, de fond de carrière abandonné, terrains pollués, ou terrain classé non agricole et non protégé.

Pour d'autres pays Européens les lois semblent plus souples ; je pense par exemple à l'Espagne, où l'on voit d'immenses champs photovoltaïques s'étaler sur de grands espaces de la Manche par exemple, implantés pour la majorité d'entre eux par le géant Espagnol Iberdrola, l'un des producteurs Européens les moins "carbonés" en opposition à l'Allemand RWE qui produit beaucoup de son énergie à partir du charbon.

Le coup d'arrêt des baisses de tarifs de rachat en 2011, a créé un véritable malaise dans la profession au point qu'aujourd'hui les producteurs de cellules ont des stocks non vendus, et sont proches ou déjà en faillite financière. Le secteur a été sinistré pour 2013 par des milliers de pertes d'emplois. Pour 2014, on annonce en France un programme de 800 MW. Les professionnels en demandaient 1000, et les pouvoirs publics souhaitaient 500. C'est un ballon d'oxygène qui sera bon à prendre.

Cependant avec des programmes de ce type on est loin des ambitions affichées par la "Transition Énergétique", c'est-à-dire produire d'ici 2025 au moins 125 000 GWh par an, avec des ENR. Comme dit précédemment les installations de

photovoltaïques réunies sur le sol français produiront en 2013 pour 1% de l'énergie consommée. Tripler la production photovoltaïque reviendrait à porter la production à 3% ! Ce qui porterait la contribution du Photovoltaïque à 15% du programme pour 2020.

Les critères de choix pour les orientations futures

LES CRITÈRES DE CHOIX DE PRODUCTION D'ÉNERGIE				
	Prix €/MWh	Puissance MW à l'ha	CO ₂	Disponibilité
Nucléaire actuel	50 garanti	14/20	Très faible	80% programmable
Nucléaire EPR	110 garanti	14/20	Très faible	90% programmable
Charbon/gaz	70/100	13/18	Très élevé	disponible à la demande
Eolien	80/120	2 sur 6	Très faible	30% non programmable
P.V	120/180	0,2 sur 0,4	Très faible	17% non programmable

Le Languedoc-Roussillon et la transition énergétique

La réduction des prix de revient des cellules photovoltaïques est une bonne opportunité pour la Région. L'évolution des technologies a, durant cette dernière décennie, permis de réduire le prix de revient du kWh produit. Pour s'en convaincre les prix pratiqués dans les années 2006 à 2010 ne sont plus en commune mesure avec les prix actuels. En Chine par exemple au prix de sacrifices écologiques, on a parlé de "dumping écologique en son temps", les prix de vente des cellules ont chuté. La courbe d'apprentissage des prix de revient en est particulièrement rapide. Les prix des modules ont été divisés par 2,5 voire 3 et les prix de revient sont proches des coûts de l'électricité distribuée. Cependant tout n'est pas figé et aujourd'hui encore des marges de progrès sont d'actualité. A ce titre, l'Agence Internationale de l'Energie, dans son scénario haut, prévoit que 11 % de l'électricité mondiale pourrait être générée par le photovoltaïque en 2050. La production en France de l'énergie photovoltaïque est favorisée par sa situation géographique.

Le Languedoc-Roussillon de par sa situation géographique a des atouts forts. La rentabilité des installations est liée au nombre d'heures d'ensoleillement. A Orléans par exemple, la durée moyenne annuelle d'ensoleillement est de 1000 h alors qu'en Languedoc elle est de 1300, en Andalousie 1600 et dans le désert de 1750. C'est dire que le même investissement peut rapporter de 1 à presque 2 fois selon l'emplacement du projet.

Le Languedoc-Roussillon est donc bien placé pour réaliser des projets à fort potentiel énergétique. ***Le SRCAE a donc vu le jour.***

En termes clairs, c'est le Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie 2013, mis en place par le Conseil régional LR, pour étudier les évolutions possibles dans les domaines du climat, de l'air et de l'énergie aux horizons 2020 2050.

Pour l'évolution de la population de la Région Languedoc-Roussillon, selon les différents indicateurs, nous passerions de 2,5 millions d'habitants en 2005 à près de 3,5 millions en 2050, en passant par 3 millions en 2020. Soit une progression de un million d'habitants entre 2005 et 2020.

Selon ce plan, la contribution énergétique de la Région est de mettre en place des moyens qui permettront de passer de 12% de consommation d'ENR en 2014 à 29% en 2020 et 71% en 2050.

Pour cela une première priorité sera la maîtrise de la consommation d'énergie afin de ramener d'ici 2020 la consommation à celle que nous avons consommé en 2004 et tout cela malgré l'augmentation de 18% de la population. Une deuxième priorité, celle du développement des énergies renouvelables. Le scénario prévoit de multiplier par 3 la production d'ENR entre 2005 et 2020 pour atteindre 29% de la consommation finale d'énergie. Rappelons que l'objectif national est 23%.

La production d'énergie renouvelable atteindra les 10,7 TWh en 2020.

Dans cet axe de développement le photovoltaïque va lui aussi jouer un rôle important puis qu'il est prévu de porter la production d'énergie électrique à 2 200 GWh soit un parc photovoltaïque de 2 000 MWc, ce qui représente avec les technologies actuelles une couverture de panneaux de 2 500 ha ! et l'approvisionnement énergétique de près de 1 million d'habitants.

Que coûte aujourd'hui un générateur photovoltaïque ?

Les perspectives aujourd'hui s'orientent, selon les directives du programme de "Transition énergétique en France", vers des installations au sol pour les gros générateurs, et pour des installations de moindre importance, du type en toiture par exemple, vers des systèmes d'autoconsommation allant de la couverture du bâtiment entièrement constitué de panneaux photovoltaïques (marché de Saint-Charles à Perpignan), à la tuile tapissée de cellules. C'est en effet une idée prônée par le Grenelle de l'Environnement où les nouveaux bâtiments profitent des innovations technologiques, qui, à terme, permettront une autonomie énergétique et qui pourront produire de l'énergie supplémentaire. La question sera : comment intégrer ce supplément d'énergie fatale ? En effet dans tout système où le générateur ne peut être asservi à la demande, l'énergie est fatale et doit être consommée ou tout simplement perdue. Nous verrons plus loin qu'il est peut-être possible de stocker ce type d'énergie mais à quel prix ?

Les cellules aujourd'hui sur le marché et coûts d'exploitation

Les cellules sont toutes constituées de la même façon : un semi-conducteur, constitué de deux plaques de silicium "dopées", auquel on ajoute des contacts pour les relier à un circuit électrique. Lorsque le semi-conducteur est éclairé, sous l'effet des photons, ses charges électriques immobilisées sont libérées et peuvent passer dans un circuit électrique. L'énergie libérée sous forme de courant électrique pour une cellule classique, atteint 3,5 Ampères pour une différence de potentiel de 0,6 volts. Les cellules sont reliées entre elles pour former des modules. Ces modules constituent, assemblés, des panneaux. Un module est donc un assemblage de cellules sous verre. Les cellules sont ainsi encapsulées dans une enveloppe protectrice. Les modules sont reliés entre eux pour obtenir en bout de ligne des tensions électriques de type continu, suffisantes pour être transformées en courant alternatif compatible avec le réseau électrique domestique.

Le coût de production pour une installation en Languedoc exposée à 1 250 heures d'ensoleillement sur les 8 760 heures annuelles, varie entre 6 et 12 c€/kWh. Le coût d'une installation au sol est de 1,2 M€ le MWc ou 1 250 MWh fournis annuellement. Avec un amortissement de l'installation sur 25 ans et des coûts annuels de fonctionnement de 20% le coût du kWh produit est voisin de 10 c€/kWh.

Aujourd'hui une centrale nucléaire fournit un kWh d'électricité à 5/6 c€.

Un exemple régional : le générateur photovoltaïque de Soumont le Bosc (Lodève, Hérault).

Nous avons dans le département de l'Hérault une centrale photovoltaïque au sol, la plus importante du département, qui vient de voir le jour et fonctionne à plein régime depuis le 8 octobre 2013. C'est la centrale de Soumont⁽⁵⁾ le Bosc près de Lodève. Cette centrale composée de 35 000 panneaux solaires couvre une surface de 16,2 ha et produit en moyenne par an 13 millions de kWh soit la consommation moyenne de 50 000 habitants. Sa puissance est de 9,2 MW crête (MWc), c'est-à-dire qu'en moyenne elle fonctionne 1400 heures sur les 8760 couvrant l'année.

Pour fixer l'ordre de grandeur de ce générateur, l'énergie produite en un an représente le 0,07% de celle de la centrale nucléaire de Golfech, qui est équipée de deux EPR de 1300 MW.

Le coût de l'investissement est de l'ordre de 1,1 M€ le MWc. La caractéristique du coût des générateurs est que le prix de revient n'est pas soumis durant sa durée de vie à de fortes fluctuations, du fait de sa structure : 10% coût d'exploitation, 10% de taxes, 80% de l'investissement. Le coût énergétique est nul, seules des variations sur les coûts de main-d'œuvre et de nouvelles taxes peuvent faire varier ce prix.

L'investissement aujourd'hui est pénalisé par la mise en place de la taxe anti dumping, pour les panneaux importés de Chine. Cette taxe mise en place en août 2013 est prorogée depuis début décembre pour 2 ans.

Un rapide calcul montre que le prix de revient brut est de l'ordre de 7 centimes d'euro le kWh. A ce prix doivent être ajoutés les frais financiers et autres, soit un prix de revient de l'ordre de 10 c€. On peut penser raisonnablement que le prix de vente aujourd'hui se situe autour 12 centimes d'euro le kWh.

Notons que pour l'éolien aujourd'hui le prix de revient est 8,5 c€ le kWh, et 5 c€ le nucléaire. Pour le projet de construction par EDF de deux EPR en Angleterre, le prix de cession négocié et accepté par le gouvernement britannique est de l'ordre de 11 c€/kWh.

D'autres expériences, celle par exemple de la centrale de Porette de Nerone en Corse, afin d'améliorer le rendement de 20% mais pas la puissance, sur les cellules en action, il est possible de monter les cellules sur des "trackers" : les panneaux suivent au mieux le rayonnement solaire.

Un autre exemple : le couplage du traitement de l'eau par technique membranaire et énergies renouvelables est né de la connivence de deux entreprises régionales, spécialisées respectivement dans la production d'ENR et du stockage, et de l'initiative de Louis Cot notre éminent collègue titulaire de la chaire UNESCO SIMEV. Cette installation va trouver son lieu d'accueil au Maroc, pour alimenter en eau le lycée Al Annouar de Sidi Taïbi dans le courant du premier trimestre de

l'année. Il est un excellent exemple de l'utilisation des ENR, où l'énergie produite sera autoconsommée par l'installation membranaire et le supplément par le lycée lui-même.

Pour aller plus loin avec les ENR, il faut je pense, aujourd'hui raisonner non pas en puissance installée mais en énergie produite. En effet une centrale photovoltaïque fonctionne en France 1 250 heures en moyenne par an, alors qu'une éolienne fonctionne 2 250 heures et une centrale hydraulique de 5 à 6 000 heures. Pour une centrale nucléaire, c'est de l'ordre de 8 000 h par an... on est proche de 6 fois plus d'utilisation de la puissance installée que le solaire.

La mise en œuvre de moyens, de chantiers de recherche et d'innovation de production d'énergies renouvelables semble faire partie des problèmes.

"Rolf Brendel -. Institut de l'énergie solaire de recherche Hamelin a parlé de l'avenir de cellules solaires silicium cristallin. Il a présenté les deux côtés des cellules de silicium de type p sérigraphiés développés au SIDH capables d'atteindre près de 20,5% de rendement et un nouveau type de cellules développées avec Bosch pouvant atteindre 22% d'efficacité. Il a également présenté des solutions films kerfless et minces comme un moyen de réduire le coût des modules en réduisant l'utilisation du silicium et économiser sur la cristallisation et wafering phase. L'efficacité de film mince kerfless, démontrée dans la technologie Solexel, peut atteindre un niveau exceptionnel de 20,1%".

Au dernier salon des ENR de Lyon en février dernier, d'autres perspectives de production d'énergie à partir de l'énergie diffusée par le soleil ont été présentées. Des modules hybrides PV et Solaire thermique, des échangeurs à plaques "directement assemblés" au module lors de l'étape de laminage des cellules, ou un autre système proposé par des constructeurs Allemands sur le même principe.

Conclusion

Pour continuer le chantier ouvert, comme des Hommes de Bonne Volonté, nous sommes en quête de perfectionnement constant, nous devons continuer l'œuvre. Nous savons que la crise économique réduit notre réactivité mais nous devons pour aller plus loin, mais aussi plus vite, aller de l'avant. Pour cela je vous propose quelques axes de réflexion :

- mieux utiliser l'énergie solaire produite ;
- un projet photovoltaïque doit être l'expression de tous ;
- favoriser la recherche pour réduire le coût de production du kWh ;
- **mieux utiliser l'énergie solaire produite par des moyens de prévisions et de gestion ajustés.**

Nous sommes aujourd'hui en France face à un parc photovoltaïque très important en nombre, plus de 300 000, avec des fournisseurs d'énergies exprimés en kWh. Dans une époque encore récente on raisonnait en GWh c'est-à-dire avec un facteur multiplicateur du million. On passe donc d'une ère industrielle à une ère d'épiciers, comme nous l'avons dit il existe France plus de 300 000 centrales solaires raccordées au réseau avec une puissance capable d'alimenter de concert en moyenne 9 fers à repasser ! Les investissements d'hier décidés au plan de la nation, sont aujourd'hui décidés à l'individu. Il est donc nécessaire que nous **anticipions** sur ce que sera l'énergie photovoltaïque dans dix ans au moins, tout en sachant que la

gestion en sera d'autant plus difficile que l'on passera d'une gestion centralisée à une gestion décentralisée pour ne pas dire à l'individu. L'**autoconsommation** semble une voie cohérente pour régler une partie des problèmes de redistribution y compris pour les bâtiments nouveaux. Aujourd'hui seulement 30% de l'énergie produite pourrait être autoconsommée par les installations existantes. Pour aller plus loin, un nouveau concept de batterie Lithium-Fer, permettrait d'améliorer de 15 % l'autoconsommation ainsi qu'un système de gestion automatique ou manuel, de l'énergie dans chaque foyer améliorerait aussi de 10 à 15%. Comme on le constate on est loin des 100%, et les moyens de stockage constituent un verrou scientifique et technologique important à l'introduction massive de l'énergie photovoltaïque comme d'ailleurs les autres ENR dans le mix énergétique. Aujourd'hui moins de 1% de l'électricité est stockée dans les réseaux de distribution⁽⁶⁾.

Un projet photovoltaïque doit être l'expression de tous

Il est déjà difficile aujourd'hui de mobiliser des moyens financiers pour construire les moyens de production de demain, ceux qui répondront aux impératifs de la "transition énergétique made in France". Le mot "transition" a pour le photovoltaïque une connotation de temps. En effet il faudra aux pouvoirs publics faire preuve de patience pour que l'intégration des kWh d'origine solaire parvienne chez le consommateur à la parité réseau. Il est en effet opportun que les projets de construction de générateurs ayant besoin pour vivre de l'aval des administrations, collectivités publiques, soient l'expression de tous, qu'ils soient portés par le maximum d'acteurs économiques, politiques, d'individus. C'est en fait l'expression propre d'un territoire, qui est soutenue dans les résolutions de la transition énergétique comme "moteur du dynamisme des territoires ruraux". Accepter des productions d'énergies propres engendre forcément des contraintes qu'elles soient visuelles ou autres.

Bien trop de dossiers ne voient pas le jour du fait de non compatibilité de contraintes environnementales, de promiscuité, de proximité, de modification de panorama de paysage et d'autres.

Favoriser la recherche pour réduire le coût de production du kWh

Il passe par l'amélioration des prix de revient des cellules, mais aussi par la recherche de matériaux plus performants par l'amélioration des rendements, mais aussi par une minimisation des impacts carbone à la conception comme à l'élimination après usage. Aujourd'hui, la fabrication d'un panneau correspond à l'impact carbone à 3 ans de fonctionnement et son recyclage autant. C'est dire que pour 25 ans de durée déjà 6 ans impactent l'effet de serre.

Il passe aussi par la mise au point de moyens de stockage économique compatibles avec les contraintes liées à la distribution. Sécurisation d'une énergie non polluante à terme. Une matière première gratuite et infinie.

Un coût de revient maîtrisé, *a contrario* aujourd'hui les suites de l'accident de Fukushima, pourraient contraindre EDF à prévoir des mesures de sécurité supplémentaires, selon les recommandations de l'Autorité de Sûreté Nucléaire. Le coût au kWh fourni pour les 2 EPR construits par EDF en Angleterre est de l'ordre de 10 c€.

Sommes-nous à l'aube du développement de l'énergie photovoltaïque ou dans le crépuscule du soir ?

L'envolée des productions PV est-elle résolument finie ?

Après le Grenelle, on ne parlait d'avenir pour les ENR qu'avec le PV, et dans la précipitation sans vision à long terme, des mesures furent prises. Le PV vécut alors des heures de gloire, rapidement stoppées en plein essor de développement par un moratoire décidé en 2011. Cela fait penser à une fable de La Fontaine évoquée dans un éditorial local, "Le Scorpion et la Grenouille". Un scorpion voulant traverser un ruisseau, usa de son insistance pour que la grenouille accepte de le transporter sur l'autre rive. Au milieu du gué, comme le moratoire, le scorpion ne put maîtriser son instinct, puisque c'est dans sa nature, et pique de son venin la grenouille. Les deux protagonistes coulèrent alors.

La grenouille a-t-elle dit son dernier mot ? Faut-il la réanimer ?

L'aube de l'industrie solaire a-t-elle été l'idole des gouvernements pour en devenir aujourd'hui son crépuscule du soir ? Les promesses de l'aube⁽⁷⁾, ont réjoui tous les gouvernements avec un soutien public proche de l'idolâtrie des deux côtés de l'Atlantique, y compris le Brésil, le Japon, la Chine, l'Afrique du Sud. La conséquence est heureuse pour la Chine, qui par ce développement a reçu un soutien fort pour son industrie, puisque plus de la moitié des panneaux solaires utilisés dans le monde sont fabriqués en Chine.

Rien n'est terminé et nous devons pour maintenir le cap n'avoir de cesse que de "fouetter les dragons⁽⁸⁾" par une innovation, encourager par une dynamique de recherche forte qui nous permettra comme il convient de réduire les coûts de production actuels mais aussi d'en améliorer les performances.

Et comme après le crépuscule revient l'aube naissante, je ne résiste pas à conclure ce propos sur l'image du projet de ferme photovoltaïque du Thôt, célèbre décharge sur la commune de Villeneuve lès Maguelone, où notre architecte F. Fontès a su concilier modernité et art, dans ce paysage où l'on voit déjà poindre le soleil de Maguelone.

NOTES

(1) Commissariat général au développement durable. Note N°469 Novembre 2013.

(2) Adème 1^{er} novembre 2013 La production éolienne d'électricité.

(3) Ministère du développement durable, de l'écologie et de l'énergie. Table ronde : Regards croisés des parlementaires, d'économistes. 20 novembre 2012.

(4) Idem Ministère du développement durable. 20 novembre 2012.

(5) Compagnie du Soleil filiale de la compagnie du vent dont le siège est à Montpellier.

(6) Le journal du CNRS N°271 mars avril 2013 page 22.

(7) Ofce les notes N°32 6 septembre 2013 Le crépuscule de l'industrie solaire idole des gouvernements. Sarah Guillou.

(8) Id Ofce.