

# Energies & Effet de serre

UN PRÉ-GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT

MERCREDI 10 OCTOBRE 2007 / WWW.PRIORITE-AU-CLIMAT.ORG

ÉDITO

## POURQUOI CE COLLOQUE

L'initiative prise par le Président de la République de convoquer un « Grenelle de l'Environnement » est judicieuse. Dans son principe elle devait permettre de prendre des décisions nécessaires et urgentes en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre après un large débat où tous les points de vue pourraient s'exprimer. Si on peut espérer que le monde syndical et celui des politiques sera représenté de façon suffisamment exhaustive, on doit constater que le monde associatif ne le sera pas, loin de là.

Rappelons que, indépendamment de la fondation Nicolas Hulot, les seules ONG parties prenantes des groupes de travail exigent un triple moratoire sur l'EPR, sur les OGM et sur les constructions d'autoroutes. La majorité d'entre elles demandent en plus un moratoire sur les incinérateurs.

Pour ce qui concerne le réchauffement climatique, elles considèrent que les économies d'énergie et les énergies renouvelables « nouvelles » (éolien et solaire) suffiront à ramener les émissions de CO<sub>2</sub> à un niveau suffisamment bas pour que sa concentration dans l'atmosphère se stabilise. Elles souhaitent également une sortie plus ou moins rapide du nucléaire. Le monopole de fait qui a été attribué à l'Alliance pour la Planète et à la FNE (France Nature Environnement) pour représenter le secteur associatif au Grenelle de l'Environnement pourrait se justifier si cette approche était indiscutable.

Il se trouve qu'elle a été très précisément celle suivie depuis une vingtaine d'années par le Danemark. Ainsi, le Danemark est le meilleur élève européen en ce qui concerne l'efficacité énergétique puisque chaque danois consomme près de deux fois moins d'énergie que son voisin suédois ; le Danemark produit 17 % de son électricité grâce aux éoliennes, un record mondial, alors que la production éolienne de son voisin la Suède est négligeable. Et pourtant, malgré une politique conforme aux souhaits de l'Alliance et de la FNE, chaque danois émet 10,5 tonnes de CO<sub>2</sub> alors que les « mauvais élèves » suédois n'en émettent que 6 par tête (et les français 6,3).

On voit sur cet exemple concret, que les recettes proposées par l'Alliance et la FNE sont, pour le moins, discutables, et qu'il serait extrêmement regrettable que des associations les mettant en cause ne puissent se faire entendre. On pouvait espérer que les ONG de l'Alliance et de la FNE, qui se réclament constamment de la démocratie, auraient à cœur d'assurer une vraie diversité d'opinions dans leur collège. Il semble bien qu'on doive renoncer à cet espoir.

Indépendamment d'une représentation partielle (et partielle ?) du secteur associatif, on ne peut que s'étonner de constater l'absence de représentation des sociétés savantes, y compris des Académies Scientifiques. La rigueur scientifique ferait-elle peur à certains ?

Dans ce contexte, il est nécessaire de permettre à d'autres acteurs associatifs et institutionnels de s'exprimer, pour faire entendre d'autres voix, au moins aussi légitimes que celles de l'Alliance et de la FNE dans le combat primordial contre le réchauffement climatique. Tels sont les buts et les raisons de ce colloque.



Henri Prévot, ingénieur général des Mines, est auteur de plusieurs livres et rapports sur les problèmes énergétiques. Il est interrogé par SLC à propos de son dernier livre « Trop de pétrole ! », prix de l'Académie des sciences morales et politiques dans la catégorie « économie politique ».

**SLC :** *Tous les concepts que vous avez développés dans votre dernier ouvrage « Trop de pétrole ! »<sup>(1)</sup> reposent sur un postulat : l'atmosphère ne peut plus accepter tout le CO<sub>2</sub> que nos activités génèrent. Est-ce si certain ?*

**HP :** On ne sait expliquer les augmentations de température enregistrées depuis un siècle que par la montée de la concentration en CO<sub>2</sub> constatée dans l'atmosphère, comme l'avait prévu Arrhenius il y a plus de 100 ans. J'ajouterais qu'avec une rare unanimité un consensus quasi général s'est établi dans la communauté scientifique. Pour clore les doutes portant sur la nécessité d'agir, voici un exemple qui illustre le débat, si débat il y a encore. Imaginez que deviez acheter une voiture d'occasion et que l'on vous propose le choix entre deux véhicules identiques.

L'un présente un risque – avec une probabilité de 50 % – de s'embraser brutalement et de mettre en péril ses occupants. L'autre, qui est à peine plus cher (de l'ordre de 30 € par mois si vous empruntez pour le payer), est en parfait état. Lequel allez-vous choisir ? Le véhicule le plus cher, n'est-ce pas ? Il en est un peu de même en ce qui concerne le climat, mais ici on a plus de 90 % de chances de voir la planète s'embraser si l'on ne fait rien pour modérer notre boulimie de carburants fossiles (je ne dis pas d'énergie). Nous devons d'autant plus le faire que, comme pour la voiture, le surcoût qu'il va falloir payer, c'est-à-dire les dépenses supplémentaires qu'il va falloir accepter pour éviter le drame, sont faibles.

Suite page 2

## ÉNERGIE

### Electricité et effet de serre



Au moment où se prépare le Grenelle de l'Environnement il est utile de rappeler l'importance des techniques utilisées pour la production d'électricité dans les taux d'émission de gaz carbonique au plans national, régional et mondial. La confusion faite entre énergies primaire et finale ne peut qu'obscurcir le débat et le rendre incompréhensible aux yeux du public.

Suite page 3

## ÉCONOMIE

### Frénésie éolienne

En France, les éoliennes industrielles ne se multiplient qu'en raison de l'obligation d'achat imposée à EDF par le gouvernement. Auparavant, jamais EDF n'avait dépassé le stade des essais éoliens. La justification de cette intervention de l'Etat serait de contribuer au développement durable de notre production d'électricité. Le vrai développement durable serait de mettre en œuvre de nouvelles sources d'énergie propre et constante qui aient la capacité de remplacer ou de diminuer le nucléaire. Les promoteurs de l'éolien entretiennent le mirage de leur capacité à y participer.

Suite page 6

## SOCIÉTÉ

### Le réchauffement climatique

Article page 4

# TROP DE PÉTROLE !



Une plantation de Miscanthus

## Suite de la page 1

**SLC :** *A combien les estimez-vous ?*

**HP :** Pour diviser les émissions par deux ou trois, j'évalue ces dépenses, pour la France à 1 ou 1,5 % du PIB. Ce chiffre correspond sensiblement à celui auquel était arrivé Nicolas Stern en ce qui concerne le monde. Quand je parle de 1,5 % du PIB il faut comprendre qu'il s'agit de ce que l'on aura à dépenser chaque année pour réduire nos rejets de gaz à effet de serre, ce qui n'a rien à voir avec le taux de croissance du PIB. Si l'on atteint cet objectif en trente ou quarante ans, l'incidence ne serait que de 0,03 % du PIB chaque année, autant dire insignifiante.

**SLC :** *Quelle incidence sur l'emploi ?*

**HP :** Les mesures à prendre entraîneront d'importants transferts d'activité. Il est difficile de démontrer si ces transferts seront, ou non, générateurs d'emplois. Personnellement je pense que si les populations sont stimulées par des objectifs qu'elles comprennent, elles se mobiliseront, deviendront plus efficace et créatives ce qui, l'histoire le prouve, a toujours été favorable aux créations d'emploi et à la croissance. Rien ne permet de dire que pour diminuer les émissions il faille accepter une diminution de la croissance ; bien au contraire. Tout au plus devra-t-on consacrer un peu plus d'argent à la consommation ou à l'économie d'énergie que si l'on ne se préoccupait pas d'effet de serre.

**SLC :** *Etant admis qu'il faut agir pour sauver le climat et qu'au plan financier nous en avons les moyens, que faut-il faire pour lancer les mesures qui s'imposent ? On parle de « permis d'émission » et de « taxe carbone ».*

**HP :** Pour amener les consommateurs à réduire l'usage de moyens énergétiques produisant du CO<sub>2</sub>, l'Etat peut réglementer (obliger), inciter (donner de l'argent) et agir sur les prix (taxer). Les permis d'émissions relèvent de la réglementation, ils en sont une modalité d'application. Leur caractère négociable permet de l'assouplir en autorisant le commerce des droits qu'elle accorde, un peu comme si l'on négociait des tickets de rationnement ! L'incitation peut être efficace mais elle trouve rapidement une limite car elle est coûteuse. La taxe est limitée par son impopularité... Je propose cependant que l'on taxe le carburant

pétrolier, le fioul et le gaz de façon à en augmenter le prix de façon progressive et programmée, indépendamment de celui du pétrole.

Le niveau de cette taxe dépendra donc du prix du pétrole. D'après mes calculs, si certaines conditions sont réunies, il suffirait d'une augmentation de 1 ou 1,5 centime d'euro par litre ou 10 à 15 €/m<sup>3</sup> tous les ans, en plus de l'inflation, pour rendre compétitives, au bout de trente ou quarante ans, un grand nombre de mesures permettant à un pays comme la France de diviser par deux ou trois ses rejets de gaz à effet de serre. Cela porterait le prix du gazole à 1,45 ou 1,5 € le litre, comme si le pétrole était à 100 \$/bl – en monnaie constante, valeur 2006. Il est donc totalement inutile de mener des actions qui coûtent plus cher que ce que coûterait l'utilisation d'énergie fossile si le pétrole était à 100 \$/bl.

**« Alors que l'on manque de sols pour nourrir le monde, produire du biocarburant comme on le fait aujourd'hui est un gaspillage de sols scandaleux. Il serait plus logique de brûler davantage de biomasse, dans les réseaux de chaleur par exemple, ce qui libèrera du gaz ou du fioul »**

**SLC :** *Vous estimez en somme qu'avec cette taxe l'Etat n'aura plus ni à réglementer ni à inciter par des subventions ? Pensez-vous qu'une taxe d'un montant aussi faible que celui que vous préconisez puisse être suffisamment incitative ?*

**HP :** Certes le consommateur n'agit pas toujours de manière rationnelle, ou se trouvera confronté à des obstacles pratiques dissuasifs. Et l'impôt n'atteindra pas de suite ce niveau. Il faudra donc autre chose : des incitations complémentaires (financées par une partie du produit de l'impôt) ou des obligations réglementaires qui seront très efficaces car elles iront dans le sens de la rationalité économique. Par ailleurs, par solidarité, il serait bon de verser aux ménages qui ont de faibles revenus une dotation dont le montant serait indépendant de leur consommation réelle d'énergie.

**SLC :** *Il me semble qu'il restera des obstacles difficiles à lever. Comment notre pays pourrait-il, par exemple, rester compétitif à l'exportation si une telle taxe était unilatéralement instaurée ?*

**HP :** Je pense en effet qu'une telle taxe, si elle devait être mise en place unilatéralement, ne pourrait s'appliquer ni à l'industrie ni aux transports

rouliers internationaux.

Pour ce qui est de l'industrie il existe déjà le système européen des permis d'émission et c'est dans le cadre de ce système qu'il nous faut convaincre l'OMC d'accepter une taxe extérieure qui protège les entreprises européennes de leurs concurrentes non soumises aux mêmes obligations. Au plan mondial, une autre méthode, adaptée aux secteurs industriels comportant un petit nombre d'entreprises (aciéries, cimenteries, automobiles, etc.), peut consister à les engager à négocier des accords par branche sur la base du volontariat.

Les branches professionnelles concernées prendraient des engagements et assureraient elles-mêmes leur police sous le contrôle des Etats ; des dispositions ad hoc, avec l'accord de l'OMC, les protégeraient de la concurrence des entreprises non signataires de l'accord.

**SLC :** *Fort de ces réflexions d'ordre général je souhaiterais aborder celui des techniques qui devraient être mises en œuvre pour réduire les émissions de gaz à effet de serre. J'ai cru comprendre que vos études vous ont conduit à accorder une très large place à l'utilisation de la biomasse.*

**HP :** Pour la France, dans trente ou quarante ans, il faudrait émettre chaque année 100 millions de tonnes de carbone de moins que selon l'évolution tendancielle. Je considère qu'il n'existe aujourd'hui que trois types d'actions qui soient à l'échelle des défis à relever, chacun intervenant à part à peu près égale : les économies d'énergie, le développement du nucléaire et celui de la biomasse ; les énergies renouvelables autres que la biomasse (éolien, solaire...) n'interviendront que pour 10 % – sauf si l'on décide de dépenser inutilement des milliards d'euros. Quelques chiffres pour situer les ordres de grandeur. Une culture conçue pour produire le maximum de matière (taillis à courte révolution ou plantes telles que

miscanthus ou triticale) peut donner 10 à 15 et même 20 tonnes sèches par hectare soit 4 à 8 tonnes d'équivalent pétrole si cette matière est brûlée. Avec 4 ou 5 millions d'hectares de terre agricole et en intensifiant la récolte de bois (y compris les souches) et de paille (tout en ménageant un retour au sol suffisant), il doit être possible de récolter suffisamment de biomasse pour produire 40 ou 50 millions de tep thermiques contre 10 aujourd'hui, qui seront utilisées comme source de chaleur ou pour faire du biocarburant.

**SLC :** *Justement, qu'en est-il des biocarburants ?*

**HP :** Dans l'état actuel des techniques on ne sait convertir en biocarburant que des plantes à caractère alimentaire. Cela permet d'éviter environ 1 tonne de carbone par hectare et par an alors que si l'on brûle la biomasse on en évitera trois à six fois plus. Alors que l'on manque de sols pour nourrir le monde, produire du biocarburant comme on le fait

aujourd'hui est un gaspillage de sols scandaleux. Il serait plus logique de brûler davantage de biomasse, dans les réseaux de chaleur par exemple, ce qui libèrera du gaz ou du fioul, qui est une très bonne base pour produire du gazole. Ceci dit, la situation peut changer rapidement en utilisant une autre technique de production de biocarburant : après gazéification de la biomasse, les molécules sont réarrangées pour produire du carburant ; si on apporte de la chaleur (sous forme de chauffage électrique), le rendement peut devenir excellent : on évitera 2,5 tonnes de carbone par hectare. Si on ajoute de l'hydrogène (produit par des centrales nucléaires de quatrième génération) aux molécules on pourra éviter jusqu'à 3 ou 4 tonnes de carbone par hectare.

**SLC :** *Finalement, pensez-vous qu'une division par trois de nos rejets de gaz à effet de serre d'ici 30 ou 40 ans soit réaliste ?*

**HP :** Je voudrais vous faire remarquer que ce ne sont pas les pourcentages de réduction qui comptent mais la quantité de gaz à effet de serre que l'on rejette par habitant voire par point de PNB. Sous cet angle, grâce au nucléaire, nous appartenons déjà avec la Suisse et la Suède au groupe des champions. Mais il est possible de faire beaucoup mieux pour pas cher.

Je suis persuadé que nous avons tout intérêt à viser cet objectif d'une division par deux ou trois en trente ou quarante ans. J'irai jusqu'à dire que si nous ne parvenons pas à associer à nos ambitions l'Union européenne, ou certains de ses membres par le biais de coopérations entre quelques Etats en s'écartant si nécessaire des règles communautaires, nous ne devrions pas hésiter à tenter seul ce challenge.

Les raisons sont nombreuses, qui permettent d'écarter l'objection classique consistant à dire que tout cela sera bien inutile puisque nos rejets ne représentent pas 2 % de ceux de l'humanité.

En premier lieu on peut affirmer qu'en réalisant une démonstration en vraie grandeur nous montrerons aux pays les plus hésitants que la situation n'est pas désespérée et qu'elle peut être à l'origine de nouvelles formes de prospérité, et nous acquerrons de la sorte un poids moral permettant de nous faire entendre et respecter.

En second lieu, agir rapidement va permettre de prendre des mesures moins brutales que celles que devront prendre ceux qui auront tardé et facilitera la conquête de nouveaux marchés par nos industries. 80 % du pétrole, du gaz et du charbon en effet sont détenus par sept ou huit pays, parmi lesquels les Etats-Unis, la Russie, l'Inde et la Chine ; dans vingt ans, face à la montée des périls, il leur sera tellement facile de convenir de diviser par deux ou trois leurs ventes que cela se fera probablement. Accessoirement, dès maintenant, pour le plus grand bien de notre balance des paiements nous deviendrons moins dépendants des aléas géopolitiques et du bon vouloir de nos fournisseurs d'énergie.

Il y faut, d'abord, une volonté politique : expliquer, expliquer, présenter un programme cohérent, avec ses techniques, ses coûts car les Français ne sont pas des enfants : ils savent que cela aura un coût – ; dire qui va payer et combien ; afficher des critères simples, les mêmes pour tout le monde, informer régulièrement des résultats, publier les bonnes idées, etc. Bref, un grand programme pour la France.

Recueilli par JACQUES MASUREL

<sup>(1)</sup> « Trop de pétrole ! », Editions du Seuil 2007

En 2005, 14 % de l'énergie produite dans le monde provenait de sources renouvelables, dont 11 % pour la biomasse, 2,5 % des barrages hydrauliques, 0,5 % de l'ensemble des autres sources.

# ÉLECTRICITÉ ET EFFET DE SERRE

Au moment où se prépare le Grenelle de l'Environnement il est utile de rappeler l'importance des techniques utilisées pour la production d'électricité dans les taux d'émission de gaz carbonique au plans national, régional et mondial. La confusion faite entre énergies primaire et finale ne peut qu'obscurcir le débat et le rendre incompréhensible aux yeux du public.

Un exemple frappant de ce type de confusion peut être trouvé dans le Rapport du Groupe de travail « Division par quatre des émissions de gaz à effet de serre de la France à l'horizon 2050 » sous la présidence de Christian de Boissieu qui affirme que : « *l'énergie nucléaire en Europe représente 6 % de l'énergie finale, 2 % dans le monde, 17 % de l'énergie finale en France. Au vu des ces pourcentages, il n'apparaît pas justifié, pour bâtir une stratégie climat, de centrer le débat sur l'énergie nucléaire.* »

## L'ÉNERGIE FINALE N'EST PAS UN BON PARAMÈTRE

Rappelons, tout d'abord, que l'énergie finale est celle que paye le consommateur final. Il est clair que ni le nucléaire ni le vent ne sont des énergies finales. Ce simple fait montre que cette phrase est un contresens. Elle a été largement reprise par les organisations anti-nucléaires qui ne semblaient d'ailleurs pas sensibles à la contradiction de dire, d'une part, que le nucléaire ne sert à rien à cause de la faible part de l'électricité finale et d'exiger, d'autre part, un fort soutien aux productions d'électricité éolienne et photovoltaïque dont la part est plusieurs dizaines de fois plus faible.

## POUR UNE APPROCHE EMPIRIQUE DU RÔLE DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES ÉMISSIONS DE CO2

Pour savoir quelle est l'importance réelle de la méthode de production de l'électricité dans les émissions de CO2, il faut constater empiriquement quelle est la part de chaque source primaire d'énergie dans la production d'électricité et dans les émissions de CO2 correspondantes.

C'est dans cet esprit que nous examinons ce que seraient les émissions de CO2 des pays développés (OCDE essentiellement) si ceux-ci avaient fait les mêmes choix que la France.

## COMPARAISON ENTRE LES PAYS DE L'OCDE ET LA FRANCE

Les combustibles carbonés utilisés pour la production d'électricité sont le charbon, le pétrole et le gaz. Le tableau 1 montre la structure de la production d'électricité dans les pays de l'OCDE en 2004 (selon l'Agence Internationale de l'Energie) et la quantité de CO2 émise par ce secteur, soit près de 5,3 Milliards de tonnes (Gt) de CO2. Dans les mêmes pays les émissions totales de CO2 atteignent 13 Gt de CO2. Le secteur électrique représentait ainsi 40 % des émissions de CO2 dans les pays de l'OCDE (des tableaux plus complets incluant les autres secteurs que le secteur électrique sont disponibles sur le site [www.sauvonsleclimat.org](http://www.sauvonsleclimat.org)).

Le tableau 2 montre que la structure de la production électrique en France est très différente de celle de

l'ensemble de pays de l'OCDE. Elle est caractérisée par une faible contribution des centrales électriques utilisant des combustibles fossiles et par une très forte contribution des énergies non émettrices de CO2. La contribution du secteur électrique à la production totale de CO2 du pays est de l'ordre de 11 % au lieu de 40 % pour l'ensemble des pays OCDE.

## QUELLE SERAIT LA SITUATION SI LES PAYS DE L'OCDE AVAIENT SUIVI LA MÊME POLITIQUE QUE LA FRANCE ?

Supposons maintenant que tous les pays de l'OCDE aient suivi l'exemple français en construisant de nombreuses centrales nucléaires en lieu et place des centrales à fioul, gaz et, surtout, charbon. Notons que ces pays en avaient sans aucun doute les capacités techniques autant que la France. Notons aussi que les problèmes de prolifération et de sûreté nucléaires ne se posent pas de façon très différente dans les pays de l'OCDE et en France.

Selon le tableau 3, on peut voir qu'une politique semblable à celle menée en France aurait conduit à augmenter la production nucléaire des pays de l'OCDE de près d'un facteur 3 tout en réduisant celle des centrales à charbon de près d'un facteur 8 (un facteur supérieur à 5 pour les centrales brûlant du fioul et de presque 6 pour les centrales à gaz), tout en maintenant constante la production d'électricité. La réduction des émissions de CO2 aurait été de 4,6 Milliards de tonnes de CO2, soit plus du tiers des émissions totales (qui incluent celles dues au transport et au chauffage) <sup>(1)</sup>. Ajoutons que, si les pays de l'OCDE avaient fait le pari du nucléaire, les pays émergents comme la Chine et l'Inde auraient, très probablement, été amenés à limiter leur recours au charbon pour leur production d'électricité.

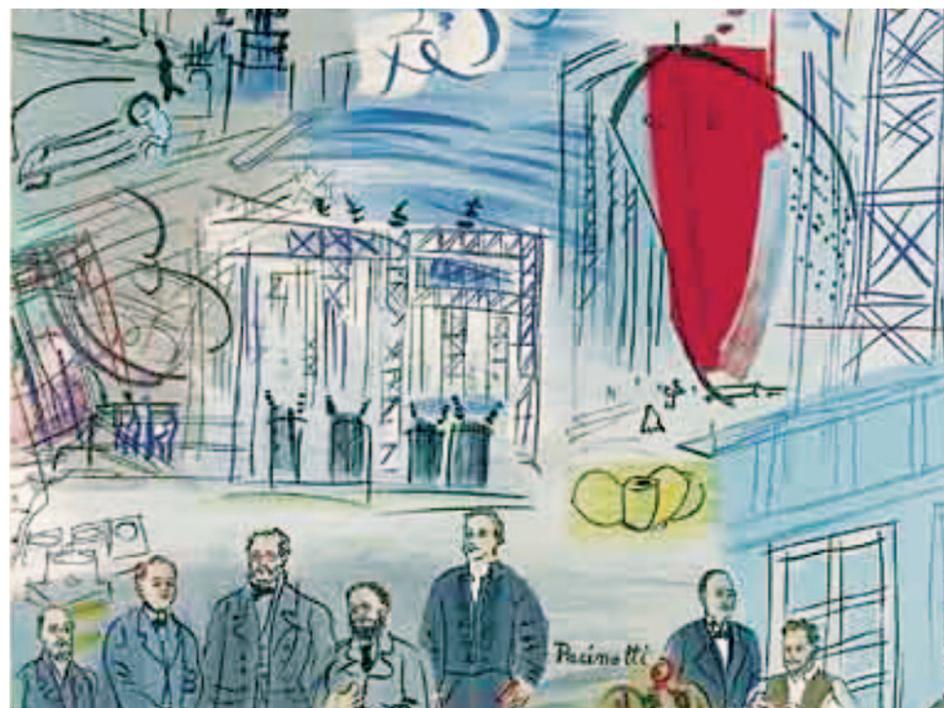
En s'opposant à la construction des centrales nucléaires mais en acceptant celle des centrales à combustibles fossiles les anti-nucléaires ne peuvent ignorer qu'ils font un choix catastrophique pour la planète.

**La production d'électricité est la principale source d'émission de CO2 dans le monde. Il serait temps qu'industriels, politiques et associations anti-nucléaires en prennent conscience.**

HERVÉ NIFENECKER

<sup>(1)</sup> Notons que selon le tableau 3 les émissions du secteur électrique pour l'ensemble de l'OCDE auraient été ramenées à 8 % du total. Ce chiffre est plus faible que les 11 % du cas français car la France utilise plus d'électricité que ses collègues de l'OCDE (49 % contre 44 % pour les consommations primaires).

L'intégralité de l'article figure sur le blog [www.priorité-au-climat.org](http://www.priorité-au-climat.org)



Raoul Dufy – La fée électricité

## 1 : STRUCTURE DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE DANS LES PAYS DE L'OCDE EN 2004

Source d'énergie primaire	Part dans la production d'électricité en % (mix)	Energie primaire utilisée pour produire l'électricité en Mtep	Millions de tonnes de CO2 émises pour la production d'électricité <sup>(2)</sup>
Charbon	43	999	3809
Fioul	5	137	421
Gaz	21	482	1053
Nucléaire et renouvelable	31	716	
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>2334</b>	<b>5284</b>

## 2 : STRUCTURE DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE EN FRANCE EN 2004

Source d'énergie primaire	Part dans la production d'électricité en % (mix)	Energie primaire utilisée pour produire l'électricité en Mtep	Millions de tonnes de CO2 émises pour la production d'électricité <sup>(2)</sup>
Charbon	5,5	7,4	28,5
Fioul	1,1	1,5	4,3
Gaz	3,5	4,8	10,9
Nucléaire et renouvelable	89,9	122,1	
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>135,9</b>	<b>43,6</b>

## 3 : STRUCTURE DE LA PRODUCTION ÉLECTRIQUE DANS LES PAYS DE L'OCDE EN 2004 AVEC LA MÊME STRUCTURE DE PRODUCTION (MIX) QUE LA FRANCE

Source d'énergie primaire	Part dans la production d'électricité en % (mix)	Energie primaire utilisée pour produire l'électricité en Mtep	Millions de tonnes de CO2 émises pour la production d'électricité <sup>(2)</sup>
Charbon	5,5	128	468
Fioul	1,1	26	80
Gaz	3,5	82	179
Nucléaire et renouvelable	89,9	2097	
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>2334</b>	<b>728</b>

Source : Agence Internationale de l'Energie.

À partir d'1 kWh d'électricité une pompe à chaleur permet de récupérer trois à 4 kWh de chaleur.

La consommation de viande par français a plus que doublé en 50 ans. Or, manger 1 Kilo de bœuf équivaut à rouler une centaine de kilomètres en voiture.

# LE RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE : ÉTAT DES LIEUX

Depuis le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, la température moyenne de la terre a augmenté, d'abord lentement, puis de plus en plus rapidement au cours des dernières quinze années.



Cette évolution a d'abord été assez naturellement attribuée à la fin du petit âge glaciaire qui, au cours des siècles précédents, avait produit des hivers froids (voir les nombreuses représentations de patineurs à glace sur les canaux hollandais gelés) et entraîné une progression importante des glaciers continentaux alpins (d'où le nom de petit âge glaciaire). Mais, depuis le début de l'ère industrielle, et de façon exponentiellement croissante, l'homme injecte du dioxyde de carbone (CO2) dans l'atmosphère, par l'utilisation de combustibles carbonés fossiles (charbon, pétrole puis gaz naturel). En 150 ans, il a fait évoluer la concentration atmosphérique du CO2 vers des valeurs jamais atteintes depuis plus de 700 000 ans, et à une vitesse sans précédent dans l'histoire de la terre. Le rôle climatique du CO2 et l'impact de variations

« la terre continuerait à se réchauffer, même si on arrêta dès aujourd'hui toute émission. »

de sa concentration atmosphérique avaient été évalués dès 1896 par le suédois Arrhenius. Mais ce n'est qu'à la fin des années 1950 qu'ont été lancés les premiers cris d'alarme en direction du public. Les mesures effectuées dans des sites (Hawaï, Antarctique) non perturbés par l'activité humaine au jour le jour, mettaient en évidence une accumulation de dioxyde de carbone dans l'atmosphère. Les séries continues de mesures effectuées depuis lors en des points du globe très divers indiquent toutes la même augmentation croissante de la concentration atmosphérique en CO2. Les premiers calculs réels d'impact climatique de l'augmentation du CO2 datent de 1967. Le réchauffement global est devenu une évidence. La température moyenne du globe a augmenté de 0,6 °C au vingtième siècle. Une des conséquences frappante de ce réchauffement est une régression très marquée de la quasi-totalité des glaciers continentaux, et une diminution considérable de la surface de la banquise arctique en été, associée à une perte de 30% de son épaisseur. Les scientifiques notent aussi une fonte de la glace du Groenland.

La question de l'origine de ce réchauffement a été fortement débattue : est-il imputable à l'homme via le CO2 ou est-il la conséquence de phénomènes naturels ? Les modèles d'évolution du climat développés

par les scientifiques prennent en compte tant les effets naturels (activité solaire, volcans, orbite terrestre) que les effets liés à l'homme. Ils reproduisent très bien l'augmentation de température observée depuis le début de l'ère industrielle : le début de la période est dominé par les effets naturels, la partie la plus récente (depuis 1970) est dominée par l'effet de serre ajouté. Une preuve éclatante de la crédibilité des modèles : le réchauffement observé depuis 15 ans est celui qu'ils avaient prédit il y a 15 ans, comme le montre le rapport 2007 du GIEC. Il ne fait donc plus de doute que l'essentiel du réchauffement est dû aux gaz à effet de serre émis par l'homme. Une fois dans l'atmosphère, le CO2, principal responsable de l'augmentation de l'effet de serre, est partiellement éliminé par capture par la végétation ou

par dissolution dans l'océan. Actuellement, environ la moitié des 7,5 milliards de tonnes de carbone injectés chaque année dans l'atmosphère sont re-capturés par les océans et la végétation. C'est donc quelques 4 milliards de tonnes qui s'accumulent annuellement dans l'atmosphère. Le CO2 va y séjourner très longtemps, jusqu'à ce qu'un processus de capture l'en élimine petit à petit. Cela signifie que son effet de serre accru va durer plusieurs siècles ; la terre continuerait à se réchauffer, même si on arrêta dès aujourd'hui toute émission. Les phénomènes de capture du CO2 dépendent du climat : un climat plus chaud risque de réduire cette absorption comme on l'a observé en Europe lors de la canicule de 2003, année où nos forêts n'ont pratiquement rien absorbé ; et la solubilité dans l'océan décroît quand la température augmente.

## LE RÉCHAUFFEMENT ENTRAÎNE DES EFFETS PRÉOCCUPANTS :

\* Le système des précipitations va en être perturbé. On aura par exemple une aridification du pourtour méditerranéen, un contraste saisonnier de la pluviométrie plus important dans nos régions, ce qui n'est pas sans conséquences sur l'agriculture. Le réchauffement est également susceptible d'aug-

menter la fréquence ou l'intensité des événements météorologiques extrêmes (tempêtes, cyclones...).

\* La dilatation thermique de l'eau a déjà fait monter le niveau des océans. Ce niveau pourrait monter, de façon dramatique pour une part importante de la population mondiale, par la fonte des glaciers

continentaux et en particulier de la calotte glaciaire du Groenland ; le Groenland est une grande cause d'inquiétude des glaciologues qui enregistrent actuellement une fonte plus importante que ce qu'ils pronostiquaient

\* On observe dès maintenant des effets du réchauffement sur la végétation ou sur la faune qui se déplace vers les pôles. Le permafrost, c'est-à-dire les terres gelées toute l'année, commence à fondre, déstabilisant complètement les sols et les populations humaines qui les habitent (Inuits).

\* Un autre effet de l'accumulation du CO2 dans l'atmosphère est l'acidification des eaux océaniques qui met en péril de nombreux organismes à coquille ou à squelette calcaire.

\* Enfin, le réchauffement, au-delà de certaines limites, entraînera une diminution de la capacité de l'environnement à capturer une partie du dioxyde de carbone atmosphérique.

## QUELS SONT LES PRONOSTICS POUR L'AVENIR ?

Une certitude, la nature ne va pas nous aider à contrebalancer l'effet de serre. Le cycle des grandes glaciations – déglaciations qu'a connu la terre depuis plus d'un million d'années est actuellement dans une phase chaude qui doit durer plusieurs dizaines de millénaires du fait de la très faible excentricité de l'ellipse de l'orbite terrestre. On ne peut donc pas compter sur une tendance naturelle au refroidissement.

L'avenir dépend crucialement de la quantité de dioxyde de carbone que nous laisserons s'accumuler dans l'atmosphère. Le GIEC a effectué des simulations d'évolution du climat basées sur des scénarios variés d'évolution des comportements de l'homme. Quoiqu'on fasse, un réchauffement est inéluctable et il va se poursuivre longtemps. Mais nous avons encore la possibilité de limiter son ampleur si nous réduisons de façon drastique nos émissions de gaz à effet de serre. C'est une nécessité absolue pour éviter l'explosion de situations catastrophiques.

JEAN POITOU

L'intégralité de l'article figure sur le blog [www.priorité-au-climat.org](http://www.priorité-au-climat.org)

50 millions d'hectares, soit 90 % de la surface métropolitaine (55 millions d'hectares) c'est ce qu'il faudrait planter en colza ou betterave pour rouler 100 % vert en France.

## HYDRAULIQUE ET STOCKAGE

Au 1er janvier 2007, la puissance totale installée du parc électrique français était de 116 GW, dont 63,3 nucléaire, 25,5 hydraulique, 24,8 thermique et 2,4 d'autres énergies renouvelables.

Mais beaucoup de ces installations ne sont pas toujours en marche.

On estime le taux d'indisponibilité à 20 %, soit une capacité de pointe à tout instant d'environ 92 GW. Les records de consommation récents ont été 86 GW le 28 février 2005 et 86,3 GW le 27 janvier 2006. Avec une consommation courante fluctuant entre 40 et 60 GW, la puissance électrique française permet des exportations fréquentes à nos voisins européens mais devient proche de sa limite au moment des pointes. D'où les récents investissements d'EDF et d'autres en centrales thermiques à gaz avec émission de gaz à effet de serre.

Or il existe un bien meilleur moyen de couvrir les pointes : c'est d'investir dans de nouvelles centrales à accumulation hydraulique (Stations de Transfert d'Énergie par pompage, STEP). Depuis 1990, l'EDF en exploite déjà quatre avec une puissance globale de 4 GW. Des plans existent depuis des années pour en

créer quatre autres, soit encore 4 GW, et les sites repérés permettent d'en ajouter encore au moins 4 GW portant de 4 à 12 GW la puissance des STEP.

Seuls les coûts fixes pour les transports d'énergie et le prix de cession imposé aux STEP ont bloqué l'investissement. Décidons donc de mettre au même prix les énergies du vent et de l'eau. L'hydraulique assure déjà 91% des énergies renouvelables et a l'énorme avantage sur l'éolien d'être toujours disponible et précisément ajustable à la consommation.

Enfin, rappelons qu'une puissance hydraulique de 8 GW correspond à l'installation de 16.000 éoliennes de 2 MW, car 32 GW éoliens installés produisent en moyenne 18 % en Allemagne et au mieux 25 % en France.

DIDIER WIRTH

# LE CAPTAGE-STOCKAGE DU CO2

Le captage-stockage du CO<sub>2</sub> pourrait être une solution de transition acceptable pour diminuer les rejets de gaz à effet de serre à l'atmosphère en attendant l'avènement de moyens de production nouveaux sans émissions de CO<sub>2</sub>. En France, cette technologie concerne essentiellement l'industrie lourde.



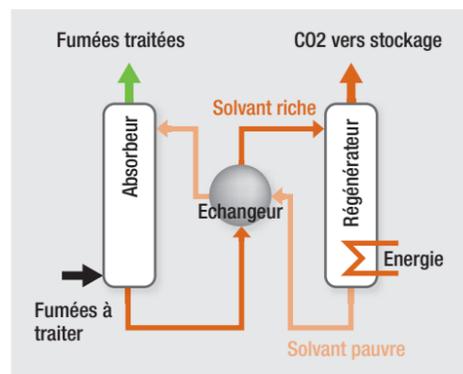
Le captage et le stockage géologique du CO<sub>2</sub> consiste à capter le CO<sub>2</sub> produit par les installations industrielles avant son rejet à l'atmosphère et à le ré-injecter dans des structures géologiques adéquates pour l'y stocker sur des périodes de temps longues. Il concerne les sources stationnaires centralisées de CO<sub>2</sub> – principalement la production d'énergie à partir de combustibles fossiles et l'industrie lourde – à l'exclusion d'une autre source importante de CO<sub>2</sub>, les transports.

Les volumes concernés sont importants. En effet les émissions de CO<sub>2</sub> d'origine fossile en 2002 étaient de 24 Gt (milliards de tonnes) dont environ 15 Gt provenant de sources stationnaires : une centrale au gaz de 400 MW (million de Watt) émet environ 1 Mt (million de tonnes) de CO<sub>2</sub> par an ; une centrale à charbon pulvérisé sur lignite, 6 Mt de CO<sub>2</sub> par an ; un haut fourneau, 10 Mt par an : on a environ 2 tonnes de CO<sub>2</sub> pour une tonne d'acier par les procédés conventionnels ; une raffinerie de 200 000 barils environ 1,5 Mt par an.

## LE CAPTAGE DU CO2

Il y a trois grandes voies de captage :

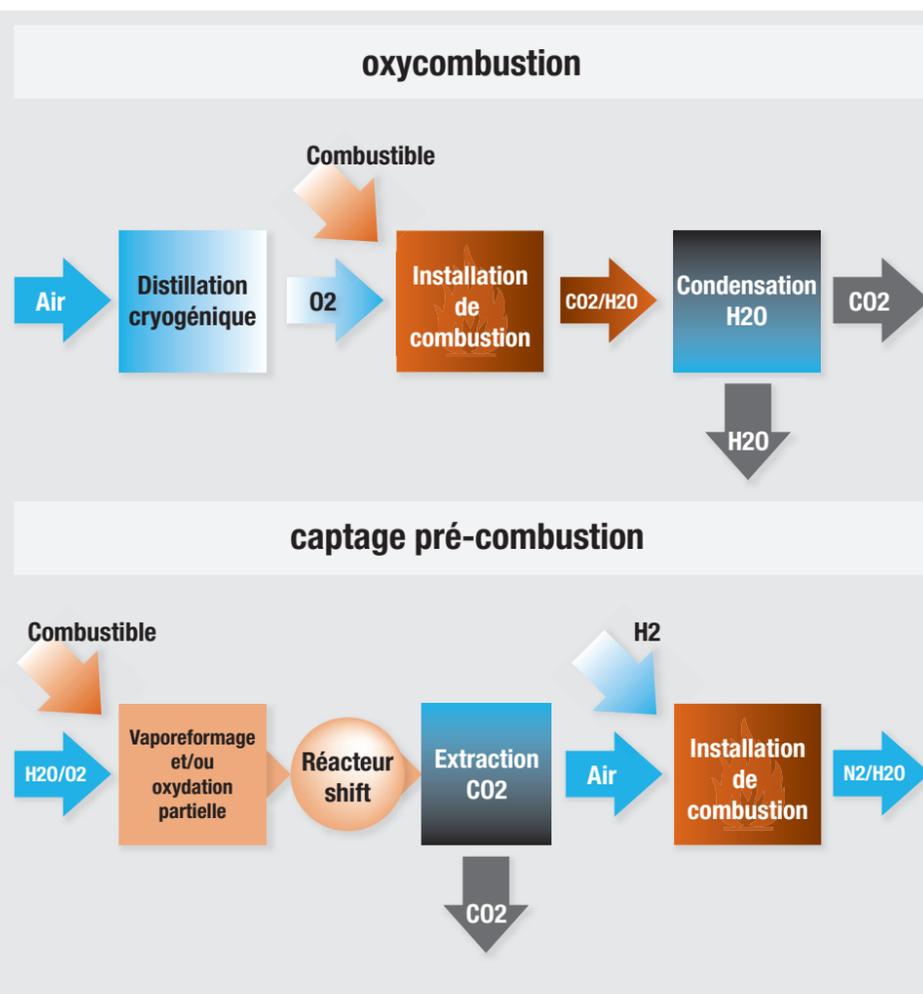
\* Le **captage post-combustion** dans lequel on ne change pas le procédé de conversion énergétique et on capte le CO<sub>2</sub> dilué dans les fumées de combustion. Il peut s'intégrer aux installations existantes sans trop de modifications. Le procédé le plus couramment utilisé est la capture du CO<sub>2</sub> par un solvant.



\* L'**oxycombustion** qui consiste à réaliser une combustion à l'oxygène pur et non pas à l'air pour obtenir des fumées concentrées en CO<sub>2</sub> à 90 %.

Avec le recyclage d'une partie du CO<sub>2</sub> en substitution de l'azote de l'air, l'oxycombustion est bien adaptée à une remise à niveau (*retrofit*) d'une installation existante.

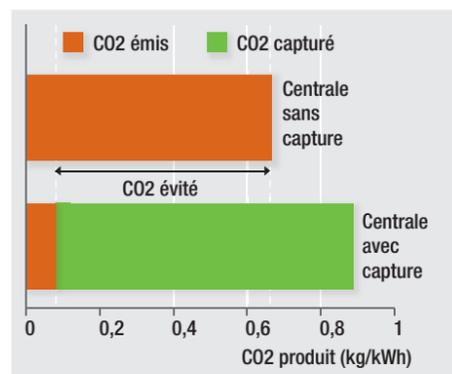
\* Le **captage pré-combustion** qui vise à extraire le CO<sub>2</sub> à la source en transformant le combustible fossile avant usage en un gaz de synthèse. Ici, l'objectif est de capter le carbone avant combustion, lors du processus de fabrication du combustible : il est converti en entrée d'installation en gaz de synthèse, un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène. Le CO présent dans le mélange réagit avec l'eau au cours de l'étape de *shift-conversion* pour former du CO<sub>2</sub> et de l'hydrogène.



Passer de la voiture au train pour le déplacement permet une division par trois de l'énergie consommée, passer de l'avion au train une division par plus de quatre, et passer de la voiture au vélo en ville une division par 40 ou 50 et plus encore si l'on parle de rejets de CO<sub>2</sub>.

Le CO<sub>2</sub> est alors séparé de l'hydrogène, lequel peut être utilisé pour produire de l'énergie (électricité et ou chaleur) sans émission de CO<sub>2</sub>.

Pour chacune des 3 grandes voies de captage il y a donc, à un moment donné, une séparation gazeuse : N<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> (post-combustion), O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> (oxycombustion) et CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub> (pré-combustion). On dispose de tout un ensemble de technologies de séparation gazeuse. Certaines existent à l'échelle industrielle, d'autres ne sont disponibles qu'au laboratoire et nécessitent la réalisation de démonstrateurs. Toutes font encourir une pénalité énergétique qu'il faut réduire.



## LE CO2 ÉVITÉ OU LE CO2 CAPTURÉ ?

Le captage du CO<sub>2</sub> représente une dépense supplémentaire d'énergie, elle-même génératrice de gaz carbonique. Les émissions de gaz carbonique évitées, les seules qui comptent, sont évaluées en comparant les rejets à l'atmosphère d'une centrale sans captage et d'une centrale avec captage. Celle-ci consommant plus d'énergie, la quantité de CO<sub>2</sub> capturé est toujours supérieure à la quantité de CO<sub>2</sub> évité. **C'est, bien entendu le CO<sub>2</sub> évité qu'il faut prendre en considération dans les évaluations de performance.**

## LE TRANSPORT

Une fois le CO<sub>2</sub> capturé par l'une de ces trois voies, on le comprime ou on le liquéfie selon le mode de

transport : par pipeline ou par bateau pour l'envoyer vers un site de stockage où il est injecté. Le transport par pipeline n'est intéressant que si le site de stockage n'est pas très éloigné du site de captage.

## LE STOCKAGE

Trois types de stockage géologique sont regardés :

- \* L'injection dans les aquifères salins profonds – sites dans lesquels on n'ira pas ensuite chercher l'eau puisqu'elle est salée.
- \* L'injection dans les réservoirs d'hydrocarbures – pétrole ou gaz – dépletés, avec la possibilité de faire de la récupération assistée de pétrole par injection de CO<sub>2</sub>, ce que pratiquent déjà des pétroliers en utilisant du CO<sub>2</sub> provenant surtout de gisements naturels.
- \* L'injection dans les veines de charbon en profitant du fait que le charbon a une affinité encore plus grande pour le gaz carbonique que pour le méthane : il peut en adsorber deux fois plus que de méthane. D'où l'idée de stocker du CO<sub>2</sub> dans le charbon tout en récupérant le méthane qui peut se trouver ainsi libéré. A cause de la faible porosité du charbon, on ne peut obtenir des débits élevés.

## DES OPERATIONS EN COURS

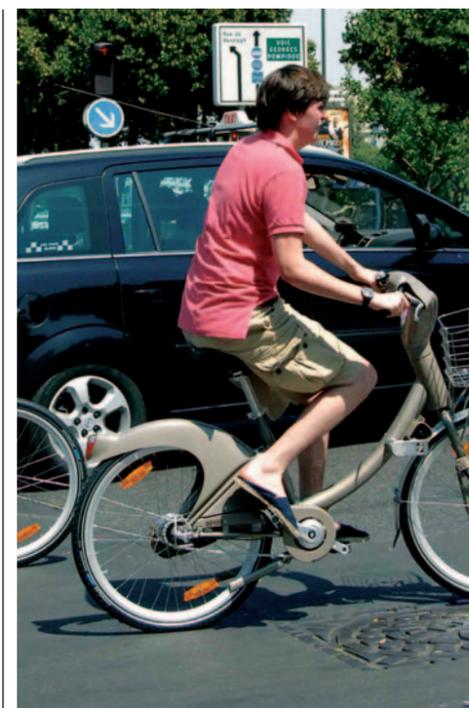
**Un exemple de captage pré-combustion :** l'unité de gazéification dans le Dakota du Nord, produit du gaz naturel de synthèse à partir de charbon, avec captage du CO<sub>2</sub> produit dans le procédé. Il s'agit du captage de l'ordre de 1,5 millions à 2 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> par an, qui est envoyé par pipeline pour injection dans un champ pétrolier à 330 km pour faire de la récupération assistée. Ainsi, sur ce projet, on fait les 3 opérations de captage, transport, stockage.

**Un exemple de stockage en aquifère salin profond :** Le champ de Sleipner opéré par Statoil dans lequel Total est partenaire réalise la séparation du gaz naturel et son injection dans un aquifère profond de la Mer du Nord. Cette opération a vu le jour en 1996 et injecte, depuis, un million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an. Il s'agit de la première opération industrielle de stockage géologique de CO<sub>2</sub> à des fins environnementales, pour lutter contre l'effet de serre. Les frais, considérables, d'injection sont compensés par l'existence en Norvège d'une taxe sur les émissions de CO<sub>2</sub> offshore.

## CONCLUSION

Le captage-stockage de CO<sub>2</sub> est une opération coûteuse sur le plan énergétique et financier (on estime qu'elle double le coût d'investissement, qu'elle augmente au moins de 30 % les coûts de production). Elle ne sera réalisée à grande échelle que si des taxes significatives sont imposées aux rejets de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère, comme c'est le cas dans l'exemple norvégien (champ de Sleipner). Les potentiels de stockage sont importants mais tout de même limités, les questions de droit et d'acceptabilité par les populations sont encore incertaines. Elles ne représentent pas, a priori, des obstacles insurmontables. Il est évident qu'une réduction des rejets anthropiques de CO<sub>2</sub> à l'atmosphère est obtenue de façon plus sûre et moins coûteuse grâce au recours à des sources d'énergie non émettrices de CO<sub>2</sub>, en remplacement des combustibles fossiles. La production d'électricité est une des industries pour laquelle cette transition est possible, grâce au nucléaire et aux renouvelables. On pourrait alors réserver les techniques de captage-stockage aux industries qui ne peuvent fonctionner sans les combustibles fossiles.

ELISABETH HUFFER



# FRENESIE EOLIENNE : LE CHANT DES SIRÈNES

En France, les éoliennes industrielles ne se multiplient qu'en raison de l'obligation d'achat imposée à EDF par le gouvernement. Auparavant, jamais EDF n'avait dépassé le stade des essais éoliens. La justification de cette intervention de l'Etat serait de contribuer au développement durable de notre production d'électricité. Le vrai développement durable serait de mettre en œuvre de nouvelles sources d'énergie propres et constantes.

« Un saccage hautement subventionné du paysage » a titré récemment *Le Spiegel*. En Allemagne, les 16 000 éoliennes déjà construites ne produisent que 4 % de l'électricité, avec les incidents liés à l'intermittence, en particulier la coupure automatique dès que le vent dépasse une certaine vitesse. Au moins les éoliennes allemandes tournent-elles à la place de centrales électriques à charbon ! Alors qu'en France, notre électricité provient seulement pour 4 % des centrales thermiques, le reste (89 % nucléaire et 7 % hydraulique) <sup>(1)</sup> ne produisant aucun gaz à effet de serre. Au contraire, l'intermittence des éoliennes contribue à la mise en chantier de nouvelles centrales à gaz pour pouvoir absorber les variations du vent. Dans tous les cas, il nous faut, sans pouvoir y inclure les éoliennes, une capacité fiable à tout instant permettant de répondre aux besoins nationaux, indépendamment du vent. Nos centrales actuelles l'assurent jusqu'en 2012, et nous exportons parfois jusqu'à 15 % de notre production.

Quand le vent se lève, l'énergie éolienne supplémentaire est achetée par EDF à 82 euros le MWh (Méga Watt/heure) alors que le coût variable du MWh nucléaire est de 6 euros <sup>(2)</sup>. Une éolienne de puissance 1 MW produit en moyenne annuelle sur la France l'équivalent de 2200 heures à pleine puissance (contre 1700 heures par an moyenne allemande). Sa production annuelle est donc de 2200 MWh, ce qui engendre un surcoût annuel de 2200 x 76 euros (82-6), soit 167 200 euros. Mille éoliennes de 1 MW provoquent un surcoût annuel de 167 millions d'euros pour les utilisateurs d'électricité.

Fin 2006, nous les avons déjà. Le gouvernement en prévoit 10 000 dans quatre ans ! Nous devons agir vite et tous ensemble pour éviter la dénaturation massive de nos paysages, les nuisances pour les populations riveraines, et le dévoilement de nos capacités d'investissement. Il est urgent de convaincre les élus autour de nous.

L'arrêté du ministre délégué à l'Industrie en date du 10 juillet 2006, garantit pour 15 ans des conditions qui offrent aux promoteurs une telle rente que les demandes de permis se multiplient de façon exponentielle. Les zones de développement éolien (ZDE) offrent une protection illusoire et de nombreux exemples prouvent déjà que des permis sont accordés en

pleine perspective de monuments historiques et de sites classés ou dans des parcs naturels protégés. Ni les préfets, ni les associations locales ne peuvent résister au déferlement de projets bien évidemment soutenus par les maires et autres collectivités territoriales, tous séduits par la promesse de taxes professionnelles élevées, avec la fausse perspective de « diminuer les gaz à effet de serre » et la fausse idée qu'il faut « rattraper » l'Allemagne ou le Danemark. Plus de 350 associations locales s'efforcent d'arrêter l'implantation des éoliennes, mais seule la correction de l'excessive rentabilité garantie peut empêcher la « ruée vers l'or ». Ces associations ont déposé un recours devant le Conseil d'Etat contre l'arrêté ci-dessus, fondé sur l'article 36 de la loi de programme du 13 juillet 2005 qui précise que les conditions d'achat « ne peuvent conduire à une rémunération des capitaux immobilisés excédant une rémunération normale, compte tenu des risques inhérents à ces activités et de la garantie dont bénéficient ces installations d'écouler l'intégralité de leur production à un tarif déterminé ».

L'investissement nécessaire à 10 000 éoliennes sera de 12 milliards d'euros plus les frais de raccordement et de régulation, évalués à 3 milliards d'euros. Ces éoliennes engendreront un surcoût annuel de 1,67 milliards d'euros, en grande partie payé par les consommateurs français grâce à la Contribution au Service Public de l'Electricité (dernière ligne de nos factures EDF). En outre, elles constitueront un risque d'incident majeur sur le réseau électrique et feront double emploi avec nos centrales déjà construites, diminuant leur marche régulière.

Avec au mieux 4 % de notre consommation électrique, et sans pouvoir diminuer les autres investissements nécessaires à une production fiable de capacité maximale (pointe), c'est un gâchis financier dont l'effet sera de détruire l'harmonie des paysages français et des hommes qui y vivent.

**DIDIER WIRTH**  
PRÉSIDENT DU COMITÉ DES PARCS  
ET JARDINS DE FRANCE

<sup>(1)</sup> EDF bilan 2005.

<sup>(2)</sup> Journal officiel du 27 juillet 2006.

## LA CSPE

La Contribution au Service Public de l'Electricité (CSPE), payée par tous les consommateurs avec leur facture d'électricité finance :

- \* Les surcoûts de production en Corse, dans les DOM et à Mayotte (péréquation géographique).
- \* Les charges de solidarité avec les clients en situation de précarité.
- \* Et celles liées au soutien des énergies renouvelables ou de récupération, et de la cogénération <sup>(1)</sup>.

Les sommes en jeu sont mutualisées entre tous les opérateurs (EDF, « régies », fournisseurs alternatifs et « Electricité de Mayotte »). Le montant total de ladite compensation oscille autour de 1,5 milliard d'euros, à charge d'EDF pour 98 %, la contribution unitaire représentant 0,45 c€/kWh.

Actuellement, la péréquation tarifaire et la cogénération sont les postes principaux, le volet social étant absolument marginal. La seule « obligation d'achat » (cogénération, énergies renouvelables et de récupération) dépasse 2 milliards d'euros et est promise à une très forte croissance d'ici à 2015 : pour l'éolien, les 43 TWh prévus par la « programmation pluriannuelle des investissements » induiront un surcoût supplémentaire de quelque 4 milliards d'euros.

<sup>(1)</sup> Depuis la loi du 7 décembre 2006,

la CSPE sert aussi à financer le « retour aux tarifs réglementés » des clients professionnels déçus de la dérégulation.

## VELIB' : TRANSPORT COLLECTIF INDIVIDUEL

Dans le cadre du contrat attribué par la Mairie de Paris, JCDecaux SA gère avec sa filiale Somupi, (filiale de JCDecaux à 66 % et de Médias et Régies Europe – groupe Publicis – à 34 %) un dispositif de vélos en libre-service entièrement éco-conçu.

Lancé le 15 juillet, Vélib' connaît un grand succès et prouve que la mobilité partagée, une autre façon de concevoir le transport dans les métropoles, répond à de réels besoins. Face à la montée des préoccupations environnementales et à leur impact sur les comportements, JCDecaux a souhaité s'engager dans une démarche active de réduction globale de son empreinte écologique. En tant que Numéro 1 mondial du vélo en libre-service, il se devait de faire de Paris un exemple international. La mise en œuvre du service Vélib' s'inscrit dans une réflexion globale sur les déplacements et la qualité de vie urbaine. Il est également l'aboutissement de choix forts en matière d'éco-conception et se donne pour but que Paris soit la vitrine du premier « transport collectif individuel » à très grande échelle.

Au-delà du service vélos, JCDecaux a exploité de nouvelles pistes écologiques en limitant les déplacements polluants : 80 % des déplacements des agents d'exploitation se font à vélo et 20 % à l'aide de véhicules propres. Les grosses réparations sont effectuées dans un « atelier de proximité mobile » à bord d'une péniche ayant 12 points d'accostage. Le nettoyage des vélos se fait avec de l'eau de pluie récupérée et sans détergent. Les vélos sont résistants et recyclables. Afin de compenser les émissions de gaz à effet de serre « incompressibles », un partenariat a été signé avec Climat Mundi pour rendre ainsi la logistique du service « neutre en CO2 ». Le projet de compensation porte sur une centrale en Inde qui produit de l'électricité à partir de biomasse au lieu de recourir au charbon dont les émissions sont néfastes.

**AGNÈS LOSTIS**  
DIRECTEUR QUALITÉ ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

L'installation d'un réacteur EPR en remplacement de centrales au charbon diminue autant les émissions de gaz à effet de serre que la production de 3 millions d'hectares de céréales affectées à la production de bio carburants.

Il faut environ 50 fois plus de surface agricole pour faire un kilo de bœuf que pour faire un kilo de blé.

# L'ÉLECTRICITÉ AU SECOURS D'UNE CENTENAIRE... ALTERNATIVE CRÉDIBLE ?

Une centenaire qui se porte bien : on dénombre plus de 860 millions de ses descendants dans le monde. Une centenaire respectée qui a ouvert nos horizons, bouleversé nos villes, chamboulé nos loisirs, remis en question nos modes de vie, modifié nos mentalités. Une centenaire dont le monde est fou ! On s'attend à ce que le nombre de ses répliques double d'ici à 2030.

Cette centenaire, issue de l'imagination et des tâtonnements de joyeux bricoleurs, se nomme automobile. Vapeur, électricité, air comprimé, air chaud <sup>(1)</sup>, eurent tour à tour les faveurs de ces entrepreneurs têtus qui voulaient s'affranchir de la traction animale, un rêve jugé délirant. Après bien des tentatives un consensus de fait s'établit et tous, considérant que le moteur à explosion était le moins mauvais, l'adoptèrent.

Le succès fut au rendez-vous et la production de ces machines pétaradantes se fit industrielle. Les leaders du secteur sont peu à peu devenus des géants, obnubilés par la course à la croissance dans un marché hautement compétitif. Aujourd'hui, l'automobile et les activités associées représentent 10% de la production industrielle Européenne et emploient directement, ou indirectement, 9 millions de personnes. En France, les emplois induits par ce secteur s'élèvent à 2,6 millions de personnes, soit plus de 10 % de la population active.

## UNE CENTENAIRE BIEN ENCOMBRANTE

Quoique toujours séduisante la dame commence cependant à se révéler fort encombrante. Non contente de phagocyter l'espace, de siphonner les ressources énergétiques de la planète elle met en danger la santé des citoyens et rejette d'énormes quantités de gaz à effet de serre. Aux dernières nouvelles elle commencerait même à s'ériger en concurrente de l'homme pour le partage des ressources agricoles... Trois facteurs majeurs incitent désormais les constructeurs à changer de stratégie :

\* Le premier est connu depuis longtemps : la pollution atmosphérique locale et ses conséquences sur la santé. Sous la pression de réglementations de plus en plus contraignantes, de gros progrès ont été accomplis pour adapter une technologie pourtant inadaptée...

\* Le second est économique : c'est l'augmentation régulière et continue du prix des énergies fossiles.

\* Le troisième, de beaucoup le plus important, est le réchauffement climatique qui oblige à réduire massivement les émissions de CO2, ce qui revient à devoir se passer des carburants fossiles, notamment du pétrole.

Tous les industriels du secteur savent qu'ils ne pourront pas se contenter d'investir dans le design, d'étendre les gammes vers le haut, de multiplier équipements et options et n'apporter que des améliorations mineures à leurs mécaniques de base. Le premier constructeur mondial a ouvert une nouvelle voie avec une voiture dite hybride combinant astucieusement, selon les besoins, les efforts d'un moteur à essence classique et d'un moteur électrique.

## LES NOUVELLES MOTORISATIONS

Le point commun entre les nouveaux modes de propulsion est d'intégrer des configurations qui reposent, totalement ou partiellement, sur l'électricité, quelle que soit la source de cette dernière. Le tableau 1 résume les alternatives. Il montre que l'hybridation devrait permettre une montée en puissance de la propulsion électrique. Plus que la voiture hybride à dominante thermique, la voiture hybride rechargeable sera vraisemblablement la technologie de transition avant que les batteries n'aient encore accru leurs performances. Si l'on sait que la moitié des parcours réalisés en voiture font moins de trois kilomètres et que le trajet moyen est de l'ordre de 10 Km, on peut penser que les hybrides rechargeables fonctionneront bien plus en utilisant l'énergie provenant du réseau électrique que celle de leur réservoir de carburant. On le voit, avec l'arrivée des batteries Ni-Mh et plus récemment celle des diverses variantes de batteries au lithium, la voiture tout électrique est en passe de devenir une alternative crédible pour de nombreux usages.

## LES SOURCES D'ÉLECTRICITÉ ?

Pour pouvoir parler de voiture propre, une condition s'impose toutefois : **l'électricité utilisée doit être**

**produite sans émission de gaz à effet de serre, faute de quoi la voiture électrique polluera (indirectement) comme la centrale qui l'aura produite.**

Un simple calcul <sup>(2)</sup> permet de déterminer qu'il faudrait en gros installer en France une demi-douzaine d'EPR pour subvenir aux besoins du parc automobile (hors camions) s'il était « électrifié ». Les recharges en heures creuses pourraient évidemment être privilégiées. Pour remédier, au moins partiellement, au surpoids occasionné par les batteries leur capacité devra pouvoir être adaptée à l'usage qui est demandé au véhicule. On en viendra donc à concevoir des véhicules permettant facilement d'ajouter ou de les retirer des éléments d'accumulateurs en fonction des trajets à effectuer. Si ces éléments sont standardisés il deviendra possible, dans des stations services ad hoc, de procéder en quelques minutes, au remplacement d'éléments vides par des éléments chargés.

## L'AVENIR APPARTIENT-IL

### AUX TRANSPORTS COLLECTIFS ?

Arguant qu'un transport TGV consomme par passager 5 fois moins d'énergie que l'avion moyen courrier et 4 fois moins que la voiture, d'aucuns penseront que face aux contraintes précitées l'avenir va appartenir aux transports collectifs. Il nous semble que cette vision soit beaucoup trop restrictive, voire simpliste. Elle ignore les trajets gare domicile et les interconnexions rendant souvent les trajets abusivement longs. Devenue non polluante et sans doute moins volumineuse tout laisse penser que la centenaire a toujours un bel avenir devant elle, co-voiturage et autres auto-partages venant en renforcer l'attrait.

Concluons en regrettant que nos grands constructeurs, nationaux ou européens, ne se soient pas encore positionnés sur le marché des hybrides rechargeables. Ce faisant, tout en risquant de se voir imposer des standards, ils ne permettent pas à leurs sous-traitants dans les domaines des moteurs électriques, de l'électronique et surtout des batteries, de développer l'expertise et les chaînes de fabrications nécessaires pour promouvoir une industrie nationale innovante et créatrice d'emplois.

JACQUES MASUREL

<sup>(1)</sup> Moteur sterling.

<sup>(2)</sup> On a en France 30 millions de véhicules qui font en moyenne 14.000Km/an. En estimant qu'il faut 100Wh/Km pour une voiture électrique, soit 150Wh /km en sortie de centrale il faudrait produire 63 TWh pour couvrir la demande. Un EPR en produit 12 par an...

## 1 : COMPARATIF DES NOUVEAUX MODES DE MOTORISATION

TYPE	SOURCE ÉLECTRIQUE	REMARQUES
Hybride à dominante thermique <sup>(1)</sup>	Carburant classique	Autonomie d'une voiture classique. Réduction de 20 à 30 % de la consommation de carburant en parcours urbain, mais nulle sur route (l'autonomie de la batterie n'est que de quelques kilomètres)
Hybride rechargeable à dominante électrique	Carburant classique et /ou réseau électrique	Autonomie globale d'une voiture classique. Jusqu'à 100 Km d'autonomie sur batteries ce qui permet de s'affranchir des carburants ordinaires pour de très nombreux usages.
Électrique <sup>(2)</sup>	Réseau électrique	Autonomie : plus de 200 Km avec des batteries lithium-ion de 250 Kg. C'est aujourd'hui la solution pour de nombreuses applications bien ciblées. Ce sera la solution de demain si la capacité et les temps de recharge des batteries s'améliorent.
Électrique <sup>(3)</sup> à pile à combustible (PAC)	Hydrogène (produit par des centrales électriques ou nucléaires dédiées)	Autonomie théorique d'une voiture classique. De nombreux obstacles s'opposent au développement rapide de cette technologie : production d'hydrogène sans rejet de CO2, réservoirs performants, prix des PAC. Rien à attendre avant 2030...

<sup>(1)</sup> Qu'il s'agisse du montage des moteurs thermiques et électriques en série ou en parallèle. Il semble que plus le véhicule aura vocation à utiliser l'énergie du réseau électrique plus le montage en série (traction assurée par le seul moteur électrique) sera privilégié.

<sup>(2)</sup> Rien ne s'oppose à ce qu'un véhicule électrique puisse être conçu pour embarquer (ou tracter) optionnellement un groupe électrogène.

<sup>(3)</sup> A noter qu'il serait possible, si l'hydrogène devait être disponible avant les piles à combustibles, d'alimenter directement un moteur thermique par de l'hydrogène. Le constructeur BMW est le grand artisan de cette formule. Pour mémoire, le premier moteur à explosion, celui du suisse Isaac de Rivaz fonctionnait à l'hydrogène.

## 2 : COMPARATIF DES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES DE BATTERIES

Type	Energie en Wh/kg	Nombre de recharges	Durée de recharge	Prix en € d'une batterie de 25 Kw /h	Autonomie avec une batterie de 250 Kg <sup>(1)</sup>	Prix de revient aux 100 Km <sup>(2) (3)</sup>
Plomb	20-30	800 - 1000	6 - 8 heures	3.700 €	40 - 60 Km	5 €
Ni-Mh	50-70	800 - 1200	10 heures	12.000 €	110-180 Km	9 €
Li	90-160	500 - 700	6 heures (30 minutes à 50 %)	Plus de 10.000 €	160 - 200 Km	12 €

<sup>(1)</sup> Estimation selon parcours sur la base d'un véhicule type Renault Kangoo.

<sup>(2)</sup> Soit le prix des batteries divisé par la totalité des kilomètres que pourra assurer une batterie au cours de sa durée de vie. Ce prix ne comprend pas celui de l'électricité qui s'élève à 1,5 centimes du kilomètre.

<sup>(3)</sup> Le prix de revient en gazole de la même voiture serait approximativement de 10 € en trajet urbain. Les frais d'entretien sont par contre beaucoup plus élevés ce qui réduit l'écart.

## LA POSTE PREND LES DEVANTS



En lançant avant l'été un appel d'offres européen pour 500 véhicules électriques à livrer en 2008, La Poste vient de véritablement lancer le marché du véhicule électrique de nouvelle génération en France, voire bien au-delà. La Poste, qui vient d'expérimenter avec succès pendant un an et demi huit véhicules électriques de type Kangoo, équipés de batteries lithium-ion et disposant d'une autonomie de 200 km, envisage de poursuivre rapidement son initiative en s'équipant cette fois de

10.500 unités dans les trois années suivantes. Construits par SVE, la Société du Véhicule Electrique appartenant au groupe Dassault, les huit véhicules de test ont validé la fiabilité technologique du moteur construit par TM4, une filiale d'Hydro Québec dans laquelle le groupe Dassault possède 40% des parts, mais aussi de vérifier qu'il s'agissait bien là d'une véritable avancée en matière d'amélioration des conditions de travail pour les 60 000 conducteurs de La Poste. La vingtaine d'entre eux qui ont participé aux tests en vie professionnelle réelle, ont notamment apprécié le silence de la voiture, le fait de ne pas avoir à passer de vitesses, de pouvoir « faire le plein » sur place grâce à une prise électrique des plus courantes. Le tout ayant une influence positive sur la baisse du stress engendré par la conduite quotidienne d'un véhicule en milieu urbain. L'absentéisme a du coup diminué sensiblement tout comme le niveau d'accidentologie. Le prix du baril de brut ayant passé récemment nettement la barre des 70 US\$ alors qu'il était inférieur à 50 US\$ en 2006, tous les indicateurs sont au vert contrairement aux années 1995-96, pour réussir ce nouveau démarrage du véhicule électrique. La Poste, dont le premier véhicule à moteur en 1904 était déjà un véhicule électrique, revient en quelque sorte à ses sources et ceci, pour le plus grand bien de la planète et de ses habitants.

PATRICK WILLOEHER

DIRECTEUR DU DÉVELOPPEMENT DURABLE  
GROUPE LA POSTE.



L'électrification est un facteur clé de développement pour 1,6 milliard d'habitants n'ayant pas accès aujourd'hui à un réseau électrique. Ils sont situés essentiellement en zone rurale entre les tropiques. Il est proposé de fournir un équipement photovoltaïque minimum à chacun de ces habitants. La question est de trouver le capital nécessaire à une telle opération.

**D**ans les schémas classiques, le financement repose sur des subventions importantes des pays du Nord, représentant près de 70 % du coût total. 15 millions d'habitants ont déjà ainsi pu obtenir accès à l'électricité photovoltaïque. Il faudrait faire 100 fois plus. Les pays développés sont ils prêts à l'effort correspondant ? Heureusement, il existe un autre schéma, proposé par Claude Birraux et Patrick Jourde, qui ne nécessite, lui, aucune subvention et permettrait d'électrifier un

pays, une région... ou la planète en 30 ans moyennant un faible prêt initial. Actuellement les besoins en éclairage des habitations et villages dépourvus d'accès au réseau sont assurés par des piles chimiques, du kérosène, des bougies et des batteries pour un coût moyen d'environ 10 € par famille et par mois (près de 40 milliards de d'euros par an à l'échelle mondiale). L'électrification de chaque habitation et des activités économiques villageoises peut être assurée par une reconversion des dépenses des habitants essentielle-

ment pour s'éclairer vers une solution 100 fois plus performante et non polluante : le générateur photovoltaïque autonome. En 3 ans dès aujourd'hui, et quelques mois dans 30 ans, la famille peut rembourser ce générateur avec ces 10€/mois, puis pourrait financer d'autres générateurs et équipements permettant de mécaniser les activités économiques du village, de stocker les productions et vaccins et d'alimenter des ordinateurs et des moyens de communication. Il n'est plus utile de créer un réseau, tous les besoins étant assurés par des centaines de générateurs autonomes au plus près de l'utilisation. L'économie du coût d'un réseau renforce encore la compétitivité économique de ce schéma.

**6 CONDITIONS DOIVENT ÊTRE REMPLIES POUR OBTENIR CE RÉSULTAT :**

1. Un prêt sur 30 ans de 3 à 5 € par habitant pour amorcer le processus. Pour les 480 millions d'habitants d'Afrique attendant l'électricité, il faut moins de 2,5 milliards d'euros en prêts. Rappelons que le coût du programme « énergie renouvelable » de l'Union Européenne a été estimé à 150 milliards d'euros (25 milliards pour la France).
2. Des usagers propriétaires de leur installation bénéficiant de ces prêts à travers des organismes de micro crédits, et acceptant d'investir les sommes économisées grâce aux générateurs photovoltaïques dans le système de micro crédits.
3. Des instituts, les « Solar Outdoor Laboratories » apportant la qualité (normes et certifications) l'assistance technique, la formation.
4. Des transferts de technologie assurant la production locale des équipements en courant continu et à très haut rendement alimentés par ces générateurs et, en particulier, les divers équipements et machines assurant le développement économique villageois. La taille

des générateurs est diminué ainsi d'un facteur 2 à 5 pour un résultat identique

5. L'introduction dès l'origine des Nouvelles Technologie de l'Information et de la Communication pour créer des liens directs entre producteurs villageois (e-commerce notamment) et consommateurs pour optimiser les coûts, et éviter intermédiaires et corruption.
6. 30 ans. Le prêt est un « revolving fund » dont le rythme de rotation s'accélère avec la baisse prévue des prix due à un marché global du photovoltaïque se multipliant par 1000 en 30 ans. Ce schéma moyenne les coûts sur 30 ans,

Ce schéma laisse l'essentiel du bénéfice financier lié à l'introduction de technologies performantes aux villageois et aux fabricants locaux. Un prêt de 1 G€ sur 30 ans suscite 300 G€ de réalisations dont 2/3 fabriquées au Sud et 1/3 par les pays industrialisés. Ce schéma contrôle et optimise toutes les composantes du coût final en diminuant les consommations, les coûts de production, les intermédiaires, les marges. Il évite le coût prohibitif d'un réseaux et d'une société de distribution. Il développe par contre la qualité et les échanges Sud Sud et Nord Sud. Ce schéma est basé sur un stockage systématique de l'énergie dans des batteries électrochimiques ayant actuellement une durée de vie de 10 à 15 ans. Ces batteries devront être recyclées à 100 %, comme dans les pays industrialisés actuellement. A défaut d'électrification par réseau, impossible dans les conditions économiques actuelles parce qu'extrêmement coûteuse du fait de la dispersion de l'habitat, ce schéma permettrait d'offrir sans tarder aux villageois les bénéfices de l'électricité à moindre coût et à moindre pollution.

PATRICK JOURDE

# 11 RECOMMANDATIONS

**Il convient de s'attacher d'abord à la réduction des rejets de gaz à effet de serre : réduire l'intensité énergétique n'est prioritaire que dans la mesure où cela a un effet sur les émissions de ces gaz.**

**Toutes les solutions mises en œuvre devront être évaluées en fonction du coût de la tonne de carbone dont le rejet est évité et devront favoriser les actions qui minimisent ce coût et ont un effet rapide.**

★★★ Renoncer progressivement à l'usage du fioul, du gaz et du charbon pour la production de chaleur ; développer l'usage de la bio-masse comme combustible dans des réseaux de chaleur et l'industrie.

★★★ Encourager l'utilisation de l'énergie solaire et des pompes à chaleur pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

★★★ En France, augmenter la part de l'électricité dans la consommation finale et engager dès maintenant la construction d'un deuxième EPR. Eviter la construction de centrales électriques à flamme, sauf à les alimenter par de la bio-masse ou les doter d'un système de captage-stockage du CO<sub>2</sub>.

★★★ Encourager la diffusion d'appareils électriques (chauffe eau, chaudières...) capables de pratiquer l'effacement en période de pointe.

★★★ Renforcer les normes d'isolation des bâtiments neufs et favoriser les travaux d'isolation des bâtiments anciens.

★★★ Encourager le renouvellement du parc automobile par des véhicules émettant peu de gaz à effet de serre, notamment par des véhicules électriques et hybrides rechargeables.

★★★ Développer des infrastructures pour faciliter le transport des personnes aux abords des villes ainsi que de fret par rail et par voie maritime ou fluviale.

★★★ Renoncer aux bio-carburants réalisés à partir de plantes alimentaires et favoriser la mise au point de bios-carburants produits à partir de la plante entière (2<sup>ème</sup> génération).

★★★ Supprimer l'obligation d'achat de l'électricité éolienne et photovoltaïque ; à défaut ramener le prix de rachat du kWh produit à celui proposé pour la filière hydraulique.

★★★ Informer les usagers sur leurs émissions de CO<sub>2</sub> par un étiquetage des appareils et des produits consommables.

★★★ Intensifier les efforts de recherche visant à diminuer les émissions de GES à court et à moyen terme (motorisation à très faible émission, nucléaire de 4<sup>ème</sup> génération, stockage de l'électricité, captage-stockage du CO<sub>2</sub>...).

## ÉNERGIES ET CLIMAT

### UN COLLOQUE PARRAINÉ PAR :

- \* Les sénateurs Pierre Laffitte et Claude Saunier
- \* L'Académie des Sciences
- \* L'Académie des Technologies
- \* L'académie des Beaux-Arts

### SOUTENU PAR :

- \* Le Professeur Georges Charpak, Prix Nobel de Physique

### ET ORGANISÉ PAR LES ASSOCIATIONS :

- \* **Sauvons le Climat (SLC)** [www.sauvonsleclimat.org](http://www.sauvonsleclimat.org)
- \* **Comité des Parcs et Jardins de France (CPJF)** [www.parcsetjardins.fr](http://www.parcsetjardins.fr)
- \* **Association des Ecologistes Pour le Nucléaire (AEPN)** [www.ecolo.org](http://www.ecolo.org)
- \* **Association Française pour l'Information Scientifique (AFIS)** [www.pseudo-sciences.org](http://www.pseudo-sciences.org)

- \* **Ecologie Radicale (ER)** [www.partiradical.net/pages/avec-parti-radical/ecologie-radical.asp](http://www.partiradical.net/pages/avec-parti-radical/ecologie-radical.asp)
- \* **Energie Intelligence (EI)** [www.energie-intelligence.org](http://www.energie-intelligence.org)
- \* **La Demeure Historique (DH)** [www.demeure-historique.org](http://www.demeure-historique.org)
- \* **Ligue Urbaine et Rurale (LUR)** [www.ligueurbaineet RURale.fr](http://www.ligueurbaineet RURale.fr)
- \* **Mouvement National de Lutte pour l'Environnement (MNLÉ)** [www.mnle.org](http://www.mnle.org)

- \* **Société Française de Physique (SFP)** [www.sfpnet.fr](http://www.sfpnet.fr)
- \* **GR21 / Société Française de l'Energie Nucléaire (SFEN)** [www.sfen.org](http://www.sfen.org)
- \* **Société pour la Protection des Paysages et de l'Esthétique de la France (SPPEF)** <http://sppef.free.fr>
- \* **Vieilles Maisons Françaises (VMF)** [www.vmf.net](http://www.vmf.net)
- \* **www.priorite-au-climat.org**