



# Brèves Nouvelles

**JANVIER 2013- n °116**

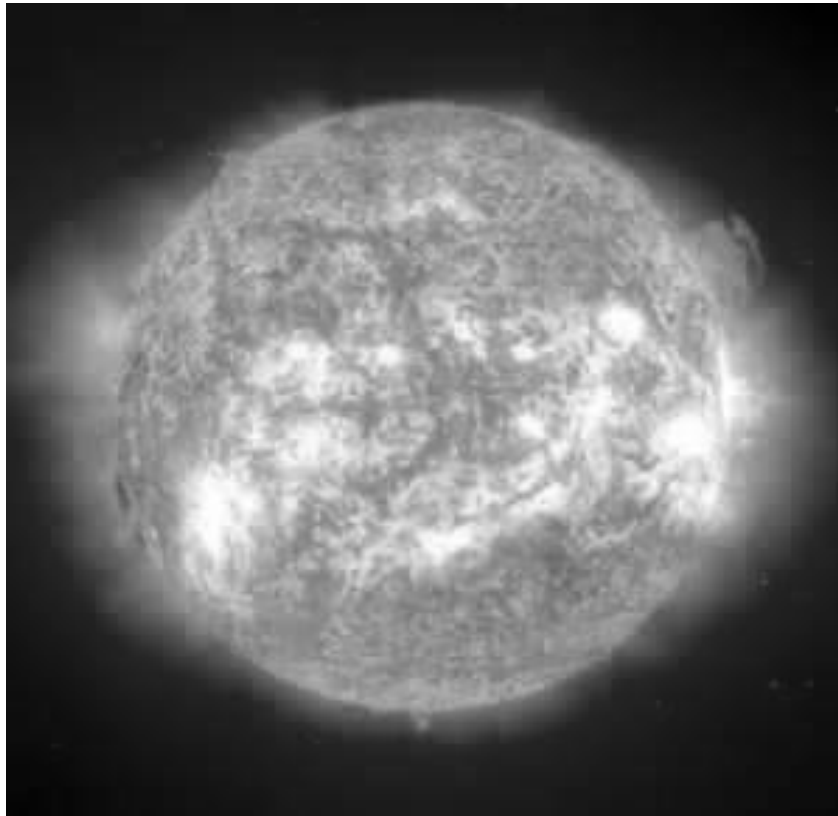
**SPECIAL ENERGIES**

*Association loi 1901, créée en 1966, agréée au titre de l'environnement*

---

## EDITORIAL

---



Le gouvernement vient de lancer un grand débat sur la transition énergétique, qui devrait durer six mois. Ou comment transformer notre économie afin de passer des énergies actuelles, non renouvelables (pétrole, gaz naturel, charbon, nucléaire...), vers un ensemble énergétique basé sur des énergies renouvelables, propres, sûres et décentralisées (énergie solaire, thermique ou photovoltaïque, énergie hydraulique, marémotrice ou chutes d'eau, énergie géothermique, énergie éolienne, biomasse...).

De manière extrêmement terre à terre un aspect de ce débat est celui des installations et de leur impact sur les paysages.

Il est dans l'objet de Luberon Nature de protéger la nature et de lutter pour la sauvegarde des sites naturels.



Il est donc tout à fait normal que nous apportions notre contribution à ce débat en ce qui concerne le domaine couvert par le Parc Naturel Régional du Luberon. C'est ce que nous faisons depuis de nombreuses années.

Les trois principales sources d'énergie en plein espoir de développement aujourd'hui sont le photovoltaïque, l'éolien et le gaz de schiste. Deux renouvelables, une fossile. Notre région est concernée par toutes les trois.

Depuis 2006 Brèves Nouvelles a publié une douzaine d'articles sur ces sujets, rédigés par notre Secrétaire Général Robert Soulat, qui a fait toute sa carrière dans des entreprises grosses utilisatrices d'énergie et d'hydrocarbures, ce qui l'a amené à s'interroger depuis 40 ans au sujet des sources de cette énergie et de ses effets sur la condition humaine.

Il nous a paru judicieux de rassembler ces articles dans ce numéro spécial que nous aurions pu appeler : Les nouvelles énergies et le Luberon.

Y sont abordés les impacts sur les paysages, les risques environnementaux immédiats mais également les risques à long terme sur la santé de la planète que nous transmettrons à notre descendance.

C'est un numéro de Brèves Nouvelles à déguster tranquillement et à garder ensuite à portée de la main

**Le Président  
Jean Daum**

# SOMMAIRE SPECIAL ENERGIES

<b>EDITORIAL</b> .....	1
<b>ENVIRONNEMENT - INFORMATION ET POINT DE VUE</b>	
Quelle énergie pour demain ?.....	4
Gaz de Schiste. La pause et l'avenir (09/2011).....	10
L'apocalypse climatique est-elle inéluctable (07/2011).....	12
Après Fukushima (05/2011).....	16
Energies renouvelables ou énergies propres, de la planète au Luberon (07/2009).....	24
Energies renouvelables ou énergies propres ? Esquisse d'une stratégie globale - Application au territoire du Parc (01/2009).	26
Les bons élèves des énergies renouvelables (04/2008).....	36
Electronucléaire : l'Europe a-t-elle un avenir dans le monde (10/2007).....	39
Quel avenir pour l'énergie éolienne dans le Parc (09/2007).....	43
Climat et énergie : ne pas se tromper de cible! (09/2007).....	47
Quel espoir fonder sur les biocarburants ? (07/2007).....	53
L'homme et l'énergie, une passion.....fatale ? (05/2007).....	59
Que penser des énergies renouvelables ? (01/2006).....	62

\*\*\*\*\*

## **La force d'une association, ce sont ses membres.**

Luberon Nature, qui agit au niveau national, au sein des commissions départementales ou auprès du Parc Naturel Régional du Luberon, se fait le porte-parole de ses adhérents, qu'ils soient associatifs ou individuels.

Qu'il s'agisse d'urbanisme ou d'environnement, apportez nous votre participation, en particulier les informations disponibles dans vos villages et dans les mairies.

**Tél / Fax : 04.90.04.51.56**

**E-mail : [luberon.nature@wanadoo.fr](mailto:luberon.nature@wanadoo.fr)**



Décembre 2012

## Quelle énergie pour demain ? Contribution au débat national sur la transition énergétique



Au moment où s'ouvre un vaste débat national sur la transition énergétique, au moment où même la Banque Mondiale s'effraie de la gravité croissante des prévisions d'évolution du climat, au moment où les principaux pays ayant misé sur l'éolien et le solaire commencent à s'inquiéter de leur coût et de leurs inconvénients, au moment où beaucoup exploitent ou veulent exploiter les gaz et l'huile de schiste, au moment où l'expertise de l'électronucléaire passe des pays occidentaux à la Chine et à la Corée, alors que règne la plus totale incompréhension des questions énergétiques dans l'opinion et, ce qui est plus grave, chez bon nombre de gouvernants du monde, nous avons pensé utile de

rééditer quelques articles parus depuis 2006 dans Brèves Nouvelles, et de resituer la question comme nous la voyons aujourd'hui. Ce sera notre contribution au débat national sur la transition énergétique.

L'homme est le seul être vivant à avoir multiplié ses moyens d'action par l'utilisation volontaire et consciente de formes d'énergie d'origine extérieure. Depuis l'acquisition de la maîtrise du feu, puis la domestication des animaux, cela a permis à l'humanité de se développer à la fois en nombre, en qualité de vie, et en consommation. Ce développement est resté lent et apparemment soutenable jusqu'à ce qu'au 18<sup>e</sup> et surtout aux 19<sup>e</sup> et 20<sup>e</sup> siècles on se mette à exploiter et utiliser de plus en plus intensément le stock d'hydrocarbures fossiles, charbon, pétrole, gaz, accumulé dans la croûte terrestre pendant des dizaines ou des centaines de millions d'années.

Ces hydrocarbures présentent plusieurs avantages considérables par rapport à tout ce qu'on a connu avant eux et tout ce qu'on a trouvé après :

- ils constituent une forme d'énergie extrêmement condensée, 1 litre de pétrole peut fournir autant d'énergie que 50 hommes travaillant intensément pendant une heure
- cette énergie, très condensée et très stable, est particulièrement facile à stocker et à transporter
- elle est aujourd'hui très bon marché, plusieurs milliers de fois moins chère que si elle était fournie par le travail humain.

Leur utilisation, intensive et croissante depuis environ 2 siècles, a permis à l'humanité de passer de 1 à 7 milliards de représentants, et à environ 1 milliard de ceux-ci d'acquérir un niveau de vie extrêmement élevé, en particulier sur le plan matériel.

Cette croissance, parfaitement incontrôlée, et dont presque tout le monde attend qu'elle se poursuive indéfiniment, a malheureusement entraîné quelques effets particulièrement indésirables :

- l'épuisement du stock d'hydrocarbures fossiles, par nature non renouvelable à notre échelle de temps. L'échéance est incertaine mais se compte en décennies, pas en siècles
- une évolution du climat incontrôlée et insidieuse car elle se manifeste avec retard, dont on doit craindre les effets sur la civilisation et peut être sur la survie de l'humanité. Il serait sage de ralentir aussi vite que possible, en visant son arrêt à moyen terme, l'utilisation d'hydrocarbures fossiles. Les consommer jusqu'à épuisement serait probablement suicidaire.
- en ce qui concerne les ressources renouvelables, l'incapacité de la terre à produire durablement la totalité de ce que consomme l'humanité. On estime que cette consommation excède actuellement de 30 % ce que la planète peut renouveler. Si les 9 milliards d'humains attendus en 2050 accédaient au niveau de vie matériel d'un citoyen actuel des Etats Unis d'Amérique, ce serait 600 % en plus. Il faudrait 7 planètes identiques pour supporter l'humanité.

— des disparités de niveau de vie comme on n'en avait jamais connu, entre le petit milliard de ceux qui ont su utiliser cette manne et en ont tout naturellement conservé l'exclusivité, et les autres qui continuent à mener une vie précaire. Ces disparités mènent évidemment le monde aux conflits qu'on voit déjà surgir, et qui ne feront que s'intensifier, délinquance incontrôlable, criminalité, terrorisme, guerres.....



Il est urgent, s'il n'est pas déjà trop tard, de corriger la trajectoire, et à la fois de promouvoir dans les pays développés un mode vie beaucoup plus économe des ressources de la terre, et de mettre en place la production sans génération de gaz à effet de serre des quantités énormes d'énergie que demandent les pays émergents. L'énergie actuellement consommée dans le monde est fournie à presque 80 % par les hydrocarbures fossiles, et les plus optimistes prévoient qu'en 2050 la consommation ne sera que doublée, mais sera encore satisfaite à 70% par les hydrocarbures. Cela n'est pas envisageable, en tout cas pas soutenable. Il faut trouver autre chose.

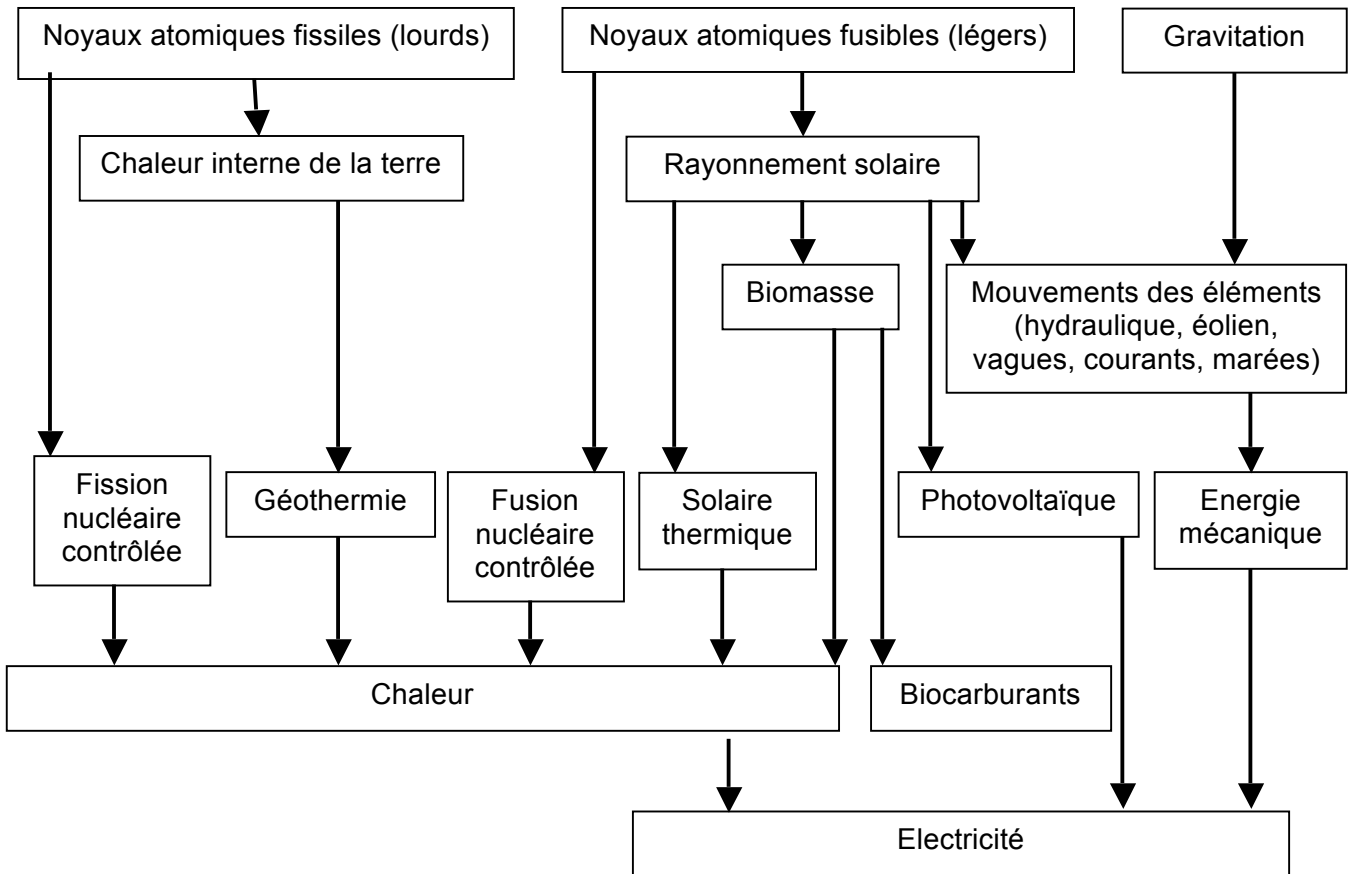
Hélas, ce n'est pas ce qui se passe. Au contraire, on voit de nombreux pays se précipiter sur les hydrocarbures non conventionnels, gaz et huile de schiste, pour des raisons d'efficacité économique immédiate mais éphémère, sans se soucier des graves inconvénients qui affecteront définitivement l'avenir. En retardant l'épuisement du stock d'hydrocarbures, on renforce l'effet de serre et, par là, la dangerosité de l'évolution climatique. En profitant d'une énergie peu chère, parce qu'on ne tient pas compte du coût de son épuisement, on empêche la mise en place de moyens alternatifs, ce qui rendra encore plus brutal le choc inéluctable. Mais demain est un autre jour....., et les difficultés d'aujourd'hui sont tellement plus visibles !.

Les moyens dont nous disposons pour produire de l'énergie sans influencer sur le climat sont schématisés ci-dessous.

## L'ENERGIE DU FUTUR

(sans hydrocarbures fossiles)

ne représente aujourd'hui que 22 % de l'énergie consommée (dont 12 % pour la biomasse et les biocarburants, 6 % pour le nucléaire de fission, 2 % pour l'hydraulique, 1 % pour la géothermie) et doit atteindre 100 %



N'en déplaise à Greenpeace et à d'autres, hormis la gravitation dont personne ne connaît l'origine, leurs sources ultimes sont toutes nucléaires.....

L'emploi de la biomasse est aujourd'hui le plus important d'entre eux. Existant depuis 400 à 500 000 ans, il ne représente cependant que 12 % de l'énergie primaire. Il doit pouvoir être développé et optimisé car il constitue un moyen de choix pour capter l'énergie solaire, mais son potentiel n'est pas infini et de nombreuses difficultés ralentiront son épanouissement. On pourrait dire la même chose de l'utilisation de la géothermie qui constitue, elle, un moyen de choix pour capter l'énergie nucléaire de la croûte terrestre, même si elle ne représente aujourd'hui qu'environ 1 % de l'énergie primaire. Ces deux voies mériteraient, plus à notre avis que l'éolien, une attention et des efforts particuliers.

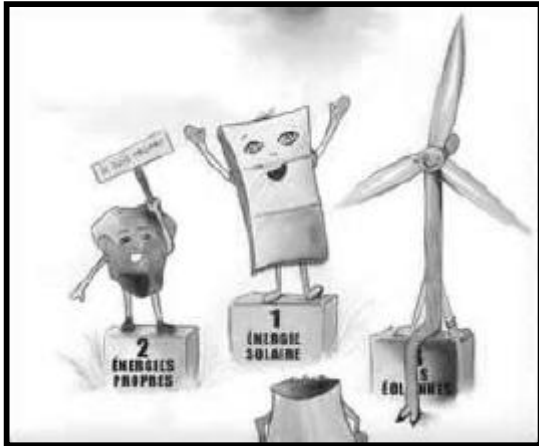
L'énergie hydraulique, qui compte pour environ 2 %, peut bénéficier dans les pays émergents d'un développement rapide mais limité par la disponibilité de sites adaptés et les inconvénients écologiques. Dans les pays développés, il n'y a pratiquement plus de place pour de nouveaux équipements. L'énergie tirée des mouvements des océans n'en est qu'à ses balbutiements, et il est trop tôt pour savoir si son potentiel est important, ce qui n'est pas impossible, mais de toute façon une utilisation significative n'est pas pour demain.

Les énergies éolienne et solaire (thermique et photovoltaïque) ont suscité beaucoup d'enthousiasme et fait l'objet d'un développement assez désordonné, avant même qu'on sache s'il était justifié, développement malgré lequel leur importance pratique est encore très limitée. On peut cependant leur prédire, surtout à notre avis pour le solaire, un bel avenir quand seront surmontées les deux difficultés intrinsèques qui les pénalisent. La première de ces difficultés est l'intermittence, qui ne sera résolue que par la mise au point de moyens de stocker massivement et à faible coût l'énergie électrique. La seconde tient à la faible densité de l'énergie récupérable, qu'il s'agisse du rayonnement solaire ou du vent, ce qui oblige à multiplier la surface de captage pour obtenir une production significative. Il faudrait actuellement 250 km<sup>2</sup> de panneaux solaires, ou 3000 éoliennes de 140 m de hauteur pour produire autant d'énergie qu'un seul réacteur EPR. Aucun progrès significatif dans ce dernier domaine n'est à espérer puisqu'il s'agit de limitations naturelles, qui nous échappent, et il faudra sans doute repenser la structure actuelle de l'industrie électrique qui met en relation une production centralisée dans des "centrales" et une consommation centralisée dans des agglomérations, pour la remplacer chaque fois que ce sera possible par une production dispersée et décentralisée située directement là où est la consommation. Ce n'est pas le chemin actuellement suivi, et de toute façon, il faudra énormément de temps pour que ces formes d'énergie puissent prendre une importance significative.

Reste l'électronucléaire dont les inconvénients, réels, sont largement amplifiés par l'obscurantisme et l'ignorance, mais qui semble bien constituer la seule voie capable de remplacer les hydrocarbures fossiles à moyen terme, en attendant que les méthodes renouvelables prennent le relai. Le comportement des pays occidentaux depuis deux décennies a beaucoup compromis cette stratégie, au risque d'un choc énergétique brutal. Heureusement d'autres, en particulier la Chine et la Corée, ont une vision plus réaliste et prennent leurs dispositions pour s'équiper et nous vendre des centrales quand nous ne pourrons plus nous en passer.

Finalement, la raison voudrait qu'à l'échelle mondiale, on fasse sans attendre toutes les économies d'énergie possibles, avant d'être obligés d'en faire qui paraissent aujourd'hui impossibles parce que trop douloureuses, qu'on remplace aussi vite que possible l'énergie des hydrocarbures par de l'énergie électrique pour l'essentiel d'origine électronucléaire, et qu'enfin on mette en place progressivement, au fur et à mesure de leur accession à la maturité toutes les formes de production d'énergie renouvelables, jusqu'à ce qu'elles remplacent celles qui ne le sont pas.





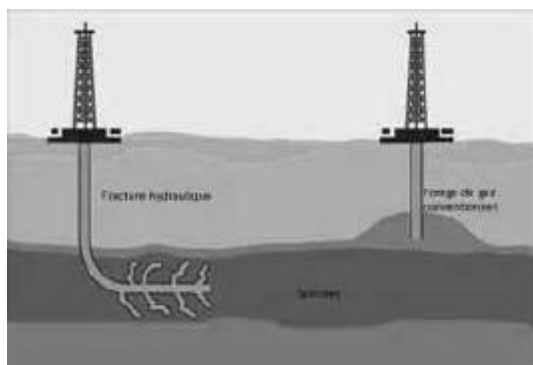
Mais nous craignons que le monde ne soit pas capable d'un comportement rationnel, et nous craignons que l'Europe elle-même, à 27 ou à 17, n'en soit pas plus capable dans ce domaine. Malgré les regrets que cela inspire aux européens que nous sommes, force est de nous demander ce que pourrait faire la France seule.

Peut être reprendre une partie de sa liberté vis à vis de l'Europe dans le domaine énergétique, et relancer ce qui a réussi dans le passé et permet aujourd'hui à notre pays

d'être l'un de ceux où l'énergie électrique est la moins chère, et celui des pays développés qui rejette à l'atmosphère le moins de gaz à effet de serre par habitant (6,2 tonnes de CO<sub>2</sub> par an contre 10,3 pour l'Allemagne par exemple). Ces résultats ont été obtenus grâce à la mise en place en 20 ans d'un parc de 58 réacteurs électronucléaires concentré sur seulement 19 sites, ce qui a en outre permis à la France d'acquérir une position éminente dans cette industrie. Elle était en particulier en pointe pour les réacteurs du futur, dits de 4<sup>ème</sup> génération ou surgénérateurs, qui optimisent la consommation de matières fissiles et minimisent la production de déchets, jusqu'à ce qu'un gouvernement décide, avec la fermeture de Superphénix, la désindustrialisation du pays dans cette activité. Peut être serait-il plus efficace de réindustrialiser de façon volontariste dans ce domaine encore ouvert et dont le monde aura besoin pendant quelques siècles, plutôt que d'essayer à grands frais de le faire ailleurs, où d'autres ont pris la place et ne sont sans doute pas plus décidés à la lâcher que dans l'industrie des voitures de luxe.....

Cela n'empêcherait pas l'industrie française de participer au développement des énergies renouvelables là où elles sont utiles, et de garder ou d'acquérir ainsi une position solide pour les temps où la maturité leur permettra de prendre efficacement la relève. Mais l'énormité du défi, la lenteur et le coût de leur développement passé et l'examen des problèmes techniques et économiques restant à résoudre, laissent prévoir que le processus durera longtemps, de l'ordre du siècle ou plus. Or, il faut absolument remplacer les hydrocarbures sans attendre cet aboutissement. C'est le rôle inéluctable du nucléaire. La France y a bien plus d'atouts que ses voisins, et bien plus qu'elle n'en a dans d'autres domaines. Pourquoi ne pas les jouer sans complexe ?

## Gaz de schiste, la pause et l'avenir



Le tollé très largement déclenché dans le public, dans les médias, et chez les élus locaux par les permis d'exploration de gaz de schiste a vivement agité le pays et son gouvernement. Celui-ci a d'abord demandé au Conseil Général, de l'Industrie, de l'Energie et des Techniques et au Conseil Général de l'Environnement de se saisir du sujet. Ces deux organismes ont rendu le 21 avril 2011 un rapport qui pointe les inconvénients environnementaux bien connus, mais également l'intérêt économique et politique, et qui laisse la porte ouverte à une expérimentation, pourvu que les inconvénients environnementaux soient fortement réduits. Dans la foulée de ce rapport, le Parlement a adopté une loi (n° 2011 - 835 du 13 juillet 2011) qui interdit l'exploration et l'exploitation des hydrocarbures liquides ou gazeux par forages suivis de fracturation hydraulique, tout en laissant la voie ouverte aux "expérimentations réalisées à seule fin de recherche scientifique sous contrôle public". Une commission est créée à cet effet.

Il est donc à peu près certain qu'il n'y aura pas d'exploration ni d'exploitation à court terme puisque la seule technique actuellement pratiquée à travers le monde est précisément le forage suivi de fracturation hydraulique. Mais que sera l'avenir ? Va-t-on mettre au point, grâce à des expériences à seule fin de recherche scientifique une technique n'utilisant pas la fracturation hydraulique, seule interdite ? Si c'est le cas, quelles seront ses effets sur l'environnement ? La tentation de trouver une solution plus ou moins acceptable sera grande, car les bénéfices à court terme seraient considérables. Amélioration de l'indépendance énergétique du pays, amélioration bien nécessaire actuellement de sa balance du commerce extérieur, compétitivité du coût immédiat de l'énergie par rapport à ceux qui utilisent déjà ces hydrocarbures et maîtrise de ce coût tant qu'il y aura des réserves. Selon les sources, on a parlé en France de 10 à 90 ans...

Luberon Nature est bien sûr particulièrement soucieux des dégâts environnementaux, néfastes pour l'agriculture, destructeurs pour les paysages, le tourisme et la qualité de vie, qui pourraient résulter de l'adoption hâtive de techniques, justifiée surtout par l'intérêt à court terme. Nous resterons à ce sujet particulièrement vigilant.

Mais Luberon Nature est de toute façon opposé à l'utilisation des gaz et des huiles de schiste pour une raison bien plus fondamentale, celle de la menace que fait peser sur l'avenir de l'humanité le changement climatique en cours.



Nous avons publié avec Brèves Nouvelles n° 99 de l'automne 2007 un article intitulé "Climat et Energie : ne pas se tromper de cible". Cet article mettait en évidence la responsabilité quasi unique de la consommation d'hydrocarbures fossiles dans l'évolution d'origine humaine du climat. Il insistait en particulier sur l'impossibilité de consommer la totalité des réserves conventionnelles, connues en qualité et quantité, de ces hydrocarbures fossiles, sans engendrer une modification climatique mortelle pour notre civilisation et peut être pour l'humanité. Il insistait a fortiori sur l'obligation vitale de ne pas s'attaquer aux réserves dites non conventionnelles, à peu près connues qualitativement mais pas du

tout en quantité bien que présumées considérables. Les chiffres que nous indiquions à ce sujet provenaient d'un ouvrage intitulé "Trop de Pétrole", écrit par un Ingénieur Général des Mines, Henri Prévôt, auteur de plusieurs rapports sur les problèmes énergétiques. Cet ouvrage a été publié en 2007 par les éditions du Seuil. Nous avons repris et précisé ces questions dans l'article "Après Fukushima" publié dans Brèves Nouvelles n° 111 de mai 2011.

Or les gaz de schiste sont bien des hydrocarbures non conventionnels, et vouloir les exploiter comme le font les américains depuis quelques années est tout simplement suicidaire, et nous ne devons pas accepter ce qui a des chances non négligeables de faire subir à l'humanité le sort déplorable des dinosaures il y a 65 millions d'années. Nous ne sommes en général pas des adeptes inconditionnels du principe de précaution tel qu'il est souvent pratiqué mais nous pensons que dans ce cas particulier, il est indispensable et urgent de prendre de sérieuses précautions, avec ou sans principe.

Le fait que d'autres n'aient pas pris ces précautions et que l'effet supplémentaire qu'entraînerait une exploitation française soit négligeable dans le cadre mondial et en particulier vis à vis des Etas Unis, est bien sûr un argument objectif, et qui sera largement utilisé. Il ne nous fait pas changer d'avis. Nul n'est tenu de faire aussi mal que ses voisins.

## L'apocalypse climatique est-elle inéluctable ?



Nous avons plusieurs fois dénoncé l'énorme risque qu'avait pris l'humanité en provoquant une modification du climat d'une ampleur encore inconnue, mais à laquelle les civilisations actuelles ne résisteront pas, et l'espèce peut être pas non plus. Nous avons montré que pour limiter l'importance des dégâts, il est indispensable de réduire drastiquement et rapidement puis d'arrêter la consommation des hydrocarbures fossiles. Cela entraîne la nécessité de réaliser dans les pays riches des économies d'énergie considérables, mais également celle de produire par des moyens alternatifs les énormes quantités d'énergie réclamées par les pays en développement. Nous avons insisté sur l'impossibilité pratique de produire ces énormes quantités par les seules méthodes "renouvelables", au moins dans un délai d'un siècle ou plus, et sur la nécessité corrélative d'utiliser pendant ce temps l'énergie nucléaire de fission, en la développant très vite et en l'orientant au maximum vers les réacteurs de 4ème génération (surgénérateurs) beaucoup plus efficaces dans l'utilisation de la matière fissile, et beaucoup moins générateurs de déchets.

Nous avons écrit et nous maintenons que faute d'une stratégie fondée sur ces impératifs, l'humanité va droit dans le mur et s'y brisera. Nous sommes aujourd'hui consternés de voir que le monde prend la voie opposée :

1. développement de la consommation d'hydrocarbures fossiles, sous la forme de gaz, à un moindre degré de charbon, et presque plus de pétrole parce qu'il n'en reste plus guère.
2. abandon de l'énergie nucléaire qu'il faudra des décennies pour relancer quand on s'apercevra (trop tard) qu'elle est incontournable.
3. utilisation irresponsable de certains réacteurs nucléaires existants, conduisant tout droit à de nouveaux accidents, donc à une confirmation (justifiée cette fois) de l'abandon de cette voie.

### **Renouveau de l'utilisation des hydrocarbures fossiles**

Ceux ci représentent actuellement à peu près 80 % de l'énergie primaire consommée dans le monde. Cette proportion ne baisse pas et l'essentiel des 2 % de croissance annuelle de la consommation d'énergie est réalisée à travers eux. Il est à noter que cette croissance imputable aux pays en développement, ce qui est normal, n'est pas compensée par les économies que devraient faire les pays riches, ce qui est regrettable.

Une illustration frappante de la volonté de ne pas diminuer la consommation d'hydrocarbures fossiles est constituée par l'intérêt porté aux gaz de schiste et autres huiles de schiste, sables bitumineux, etc... L'affaire a commencé il y a quelques années aux Etats Unis qui se sont aperçus que l'Amérique du Nord, grosse importatrice traditionnelle de pétrole, disposait dans son sous sol de réserves considérables, essentiellement sous forme de gaz, et qu'il serait bon pour son indépendance énergétique et pour sa balance extérieure de les exploiter. Le désastre écologique et environnemental entraîné par cette exploitation n'a pas pesé lourd devant les profits considérables attendus par les opérateurs, et le programme de relance du nucléaire annoncé par le Président Obama lors de son élection a été immédiatement renvoyé aux calendes sous prétexte que l'exploitation du gaz était beaucoup moins onéreuse. C'est probablement faux et le nucléaire est certainement plus économique, mais il demande un gros investissement au départ et ne génère de profit qu'à terme sensiblement plus long. Pour des opérateurs qui sont d'abord des financiers, le choix est évidemment celui du profit à court terme aux dépens de l'avenir, qui ne sera pas le leur mais celui de leurs enfants. Louis XV disait, paraît-il, la même chose à propos du Canada.



Au nom du court-termisme financier on a ainsi décidé de sacrifier le climat avec toutes les conséquences que cela comporte, de sacrifier l'écologie et l'environnement, et de prendre une position commerciale à court terme telle qu'elle oblige pratiquement les autres pays à faire la même chose s'ils le peuvent. Et de nombreux pays décident de le faire. Le Gouvernement français est hésitant mais pourra-t-il résister devant la sanction économique et financière que cela entraînerait ?

### **Abandon de l'énergie nucléaire**

Nous venons de voir que pour les raisons de court-termisme financier qui leur sont habituelles, les Etats Unis avaient renoncé au développement du nucléaire qu'ils avaient pourtant décidé deux ans plus tôt au nom de la lutte contre le réchauffement climatique. On pouvait cependant espérer que ce renoncement était provisoire et qu'en fin de compte il ne constituerait qu'une perte de temps, pourtant éminemment regrettable.

Et puis est arrivé l'accident de Fukushima auquel les écologistes et les médias ont donné un retentissement disproportionné et injustifié. Nous ne voulons pas minimiser son importance et nous avons dit que c'était un très gros accident mais que les conséquences en étaient circonscrites localement et non pas planétaires comme certains voudraient le faire croire. Et comme ils l'ont fait croire à une opinion peu préparée à se former un jugement critique sur le sujet. Plusieurs

gouvernements, soucieux de leur réélection, ont donc suivi opinion et médias et ont décidé à chaud et contre toute raison de "sortir du nucléaire".

Le cas le plus inquiétant est celui du gouvernement allemand, car il sert de modèle en matière industrielle, malgré ses médiocres performances énergétiques puisqu'un allemand rejette à l'atmosphère 65 % de plus de gaz à effet de serre qu'un français. L'Allemagne a entraîné dans son sillage plusieurs gouvernements, et ça n'est peut être pas fini.

Sur le plan énergétique et climatique, ce retrait de l'Allemagne du nucléaire constitue une énorme tromperie, et ceci pour deux raisons. Le gouvernement allemand prétend pouvoir remplacer d'ici dix ans les 25 % d'électricité que produisent ses centrales nucléaires, en développant considérablement l'éolien et le photovoltaïque, ce qui, de plus, confortera la primauté de l'industrie allemande dans ces domaines. Ce dernier point est exact, mais pas le premier. Un examen plus approfondi du projet montre en effet qu'il ne s'agit pas de remplacer 25 % d'électro nucléaire par 25 % de renouvelables, mais par un cocktail combinant 5 % d'économies d'énergie supplémentaires, 10 % de centrales au gaz ou au charbon, et 10 % seulement de renouvelables. Ces derniers 10 % demanderont un effort financier, économique et social que l'Allemagne est probablement seule à pouvoir accomplir et qu'elle ne pourra sans doute pas renouveler. Il y a tromperie car, au lieu de produire comme actuellement 75 % de leur électricité par des hydrocarbures, ils en produiront 85 %, tout en empoisonnant l'atmosphère d'une bonne partie de l'Europe avec des centrales particulièrement polluantes.

Une seconde tromperie consiste à présenter un faux problème, pour prétendre résoudre le vrai. En effet le vrai problème qui se pose à l'humanité n'est pas de remplacer au niveau mondial les 15 % d'électricité d'origine nucléaire par des renouvelables, mais de remplacer les 80 % d'hydrocarbures dans sa consommation énergétique totale. C'est à une tout autre échelle. L'électricité ne représente qu'à peu près 20 % de la consommation d'énergie finale. Réussir à remplacer par un effort gigantesque 10 % de ces 20 % par des renouvelables, signifie qu'on a résolu 2 % du problème. Et qu'il faut faire 40 fois mieux pour traiter les 80 % d'hydrocarbures qui restent. C'est impossible avec les renouvelables seuls, au moins dans un délai compatible avec les impératifs climatiques.

### **Utilisation irresponsable de certains réacteurs nucléaires**

L'accident de Fukushima a convaincu tous les acteurs du nucléaire qu'il fallait renforcer l'étude de la sûreté dans la conception, la réalisation et l'exploitation des centrales existantes ou à construire, et qu'il fallait en particulier décider de leur durée de vie à partir d'audits particulièrement approfondis. C'est du moins ce que nous croyons.

Or il apparaît que l'Associated Press a mené une enquête aux Etats Unis, en particulier auprès de la NRC (Nuclear Regulatory Commission). Il en ressortirait que les centrales américaines ont été conçues pour une durée de vie de 40 ans, et

réalisées dans les années 60/70. Plus de la moitié ont plus de 30 ans. Leur exploitation étant dans ces conditions particulièrement lucrative, les exploitants demandent une prolongation de leur autorisation, ce qui n'est pas en soi critiquable. Ce qui l'est beaucoup plus, c'est que la NRC aurait déjà accordé une extension de 20 ans pour 66 centrales, en se basant à peu près uniquement sur le rapport des exploitants, sans expertise indépendante, et qu'on peut craindre dans ces conditions quelques compromis sur la sécurité. Devant ces "succès", certains exploitants demanderaient maintenant une extension à 80 ans. Une fois de plus, aux yeux des américains, la rentabilité à court terme primerait sur tout, au mépris de tout bon sens.

Si les affirmations de l'Associated Press sont exactes, il est pratiquement certain qu'un tel comportement conduirait à de nouveaux accidents, ce qui cette fois justifierait un abandon général du nucléaire, et entrainerait une gigantesque disette énergétique, ou plutôt une augmentation considérable du recours aux hydrocarbures et une dégradation insupportable des conditions climatiques.

### **Que conclure ?**

Nous avons espéré jusqu'à maintenant que l'humanité manifesterait un sursaut de clairvoyance et de réalisme, tout en sachant qu'il est bien tard et que chaque jour qui passe rend ce sursaut plus difficile et l'avenir plus inquiétant. Notre inquiétude et notre consternation ne font que croître devant ces derniers développements



## Après Fukushima

**Le récent séisme au Japon et le raz de marée qui l'a suivi, l'accident nucléaire de Fukushima, obligent à se reposer la question de l'avenir de la production d'électricité nucléaire, et de l'énergie en général. Le Conseil d'Administration de Luberon Nature s'en est préoccupé et a dégagé la vision exposée ci-dessous.**

Pourquoi soulever cette question dans Brèves Nouvelles, alors que l'objet de Luberon Nature ne concerne pas directement les sujets énergétiques ? Cependant, comme on le voit par exemple avec les éoliennes et les capteurs solaires, comme on l'a vu récemment avec les gaz de schiste, sans même parler de la pollution causée par la combustion du charbon et des autres hydrocarbures, la production d'énergie a des effets environnementaux considérables. Luberon Nature ne peut donc pas se désintéresser d'une question essentielle pour la préservation de la qualité de vie, des paysages et de l'environnement... et peut être pour celle de l'humanité.



Le sujet a été évoqué au cours de plusieurs réunions du Conseil d' Administration et, si chacun des administrateurs a sa propre opinion, la majorité s'est accordée sur la vision exposée ci-dessous, ce qui n'oblige personne à la partager dans son intégralité.

### **Les gros accidents nucléaires et leurs conséquences**

L'accident de Fukushima est un très gros accident. On peut raisonnablement penser qu'il ne sera pas le plus grave des accidents nucléaires civils <sup>(1)</sup>, mais il est certain qu'il est aujourd'hui le plus important par les questions qu'il pose.

Le premier accident de cette nature a été, en 1979 celui de Three Miles Island aux Etats Unis. Ce qui en a fait la gravité était déjà une panne du refroidissement après arrêt du réacteur, panne ayant entraîné une fusion partielle du cœur. Cela dit, l'accident a été maîtrisé, quelques milliers de personnes ont été évacuées pendant quelques heures ou quelques jours, et il n'y a pas eu de conséquences plus graves. Cet accident était plutôt rassurant, même s'il a eu un impact psychologique énorme aux Etats Unis, ce qui a entraîné le gel du programme nucléaire américain pendant plus de 30 ans (et sans doute maintenant



davantage). Pendant ce temps les Etats Unis sont restés le plus gros émetteur de gaz à effet de serre (GES), donc le plus gros responsable de la dégradation du climat **sur l'ensemble du globe**. Cela ne semble pas les gêner et ils s'accommodent très bien de la croissance de leurs émissions, comme du sabotage de leur environnement par l'exploitation des gaz de schiste, voire du pétrole du Golfe du Mexique.

Le second accident nucléaire, avec cette fois des conséquences extrêmement graves, a été celui de Tchernobyl en 1986. Ce n'est pas le seul accident nucléaire, civil ou militaire, survenu dans l'ex URSS, mais c'est celui qui a été le plus connu dans le monde et sans doute l'un des plus graves, peut être le plus grave. Là encore il s'agit d'un problème de refroidissement, mais les causes de l'accident et de sa gravité sont connues : un réacteur mal conçu, mal construit, très mal entretenu, des fautes de conduite ahurissantes, une gestion épouvantable de l'accident. Plus qu'un accident nucléaire, c'est un accident soviétique, qui ne met pas en cause les autres centrales. Il a pourtant eu des conséquences considérables au niveau mondial, certaines positives, le renforcement de la sûreté et du contrôle de toutes les centrales, d'autres qu'on peut considérer comme désastreuses, l'arrêt pendant 25 ans du développement du nucléaire. Pendant ces 25 ans la population de la planète a crû de deux milliards, celle des pays développés a continué à augmenter sa consommation d'énergie, d'immenses pays ont émergé avec leur 2,5 à 3 milliards d'habitants, tout ce monde a consommé plus de 200 milliards de tonnes équivalent pétrole (TEP) d'hydrocarbures fossiles, ce qui a très probablement élevé la température moyenne du globe d'un bon demi degré.

Au bout de ces 25 ans, alors que repartaient dans le monde entier les projets et la construction de nouvelles centrales nucléaires, arrive l'accident de Fukushima, qui touche 4 réacteurs sur les 6 que compte la centrale. Cette fois, il s'agit de réacteurs de conception et de réalisation "occidentale" (même au Japon), assez anciens et sans doute moins sécurisés que d'autres, en particulier ceux en service en France. Quoiqu'en aient dit les médias, leur conduite était certainement convenablement assurée, et la gestion de l'accident a été aussi bonne que possible dans un environnement apocalyptique. Les réacteurs ont d'ailleurs fort bien résisté au séisme pourtant exceptionnellement violent, et personne n'a envisagé de faute de conduite. La cause unique de l'accident a été la mise hors service totale des dispositifs de refroidissement après arrêt par un raz de marée (tsunami) d'une ampleur totalement imprévue. Encore le refroidissement ! La conclusion s'impose : on avait oublié, ou sous estimé, dans l'analyse du projet, certaines des causes potentielles d'accident.

Pour l'avenir deux attitudes sont alors possibles. L'une consiste à dire qu'on ne sera jamais sûr d'avoir tout prévu et qu'il faut donc "sortir du nucléaire" par peur d'une catastrophe dont on ne discerne pas bien les limites. L'autre admet qu'on ne sera jamais sûr d'avoir tout prévu, mais affirme qu'il faut comparer les risques du nucléaire à ceux des autres sources réalistes d'énergie et que cela amène à poursuivre et intensifier son développement, en réétudiant de façon beaucoup plus sévère et à la lumière de l'expérience, en particulier celle de Fukushima, les

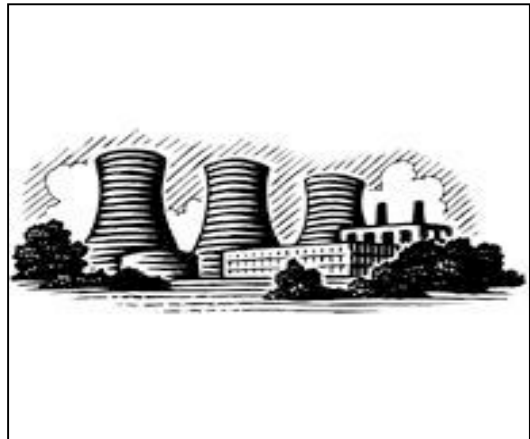
risques d'accident de chacun des réacteurs existants ou à venir, et en prenant, réacteur par réacteur, les décisions qui découleront de cette étude.

## La poursuite du développement de l'électronucléaire

C'est cette dernière attitude que la majorité du Conseil d'Administration de Luberon Nature privilégie.

Pourquoi ?

La raison se trouve dans la nécessité de sortir (progressivement mais vite) de la civilisation des hydrocarbures fossiles (charbon, pétrole, gaz) qui a révolutionné le monde depuis 200 ans en multipliant par 25 l'énergie utilisée par un Européen moyen. Et l'Européen moyen n'a pas l'intention de



renoncer à cet énorme avantage. Que dire d'un Américain qui en dispose de 2 fois plus, ou d'un Chinois qui en a beaucoup moins mais qui a bien l'intention (compréhensible) de rattraper son retard ? Or cette gigantesque consommation d'hydrocarbures fossiles (HCF) dégage des quantités non moins gigantesques de CO<sub>2</sub> et autres GES dont l'impact sur le réchauffement de l'atmosphère, et par là sur le climat, présage les pires catastrophes pour l'humanité, peut être sa disparition pure et simple.

Nous avons publié, avec Brèves Nouvelles N° 99 d'octobre 2007, un article intitulé "Climat et Energie : ne pas se tromper de cible" dans lequel nous montrions que la maîtrise du climat ne pouvait être obtenue que par la maîtrise de la consommation des HCF. Le GIEC (Groupe Inter Gouvernemental sur l'Evolution du Climat) a, en effet, montré que l'augmentation de température moyenne est liée à l'augmentation de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère, et que celle-ci dépend de la consommation d'HCF. On estime que cette consommation depuis le début de l'ère industrielle (vers 1800) jusqu'à la fin du 20<sup>e</sup> siècle est de l'ordre de 300 milliards de TEP. La teneur en CO<sub>2</sub> est, elle, passée de 280 à 370 ppm (soit une augmentation de 90 ppm). De son côté la température moyenne a augmenté de 0,6°, mais il faudrait de l'ordre du siècle pour qu'à teneur en CO<sub>2</sub> constante, la température moyenne se stabilise. On peut raisonnablement estimer que si la teneur en CO<sub>2</sub> restait à 370 ppm (ce qui n'est pas le cas, elle continue à croître), l'augmentation de température moyenne se fixerait à environ 0,8°.

Le GIEC estime que, pour éviter des effets catastrophiques sur le climat (températures extrêmes, sécheresses, inondations, ouragans, etc...), sur la disponibilité de terres agricoles, et sur le niveau des océans (avec les migrations de centaines de millions de personnes), il ne faudrait pas dépasser une élévation de température moyenne de 2°. On voit déjà ce qui est arrivé ces dernières années avec seulement 0,6°. Si l'on estime l'augmentation à 0,8° pour une consommation de 300 milliards de TEP, il nous restait au début du siècle le droit de consommer 450 milliards de TEP (dont 100 l'ont déjà été). Bien sûr, ces

chiffres et ces équivalences <sup>(2)</sup> ne sont que des approximations grossières, mais ils sont suffisants pour esquisser une idée de ce qui nous attend.

Or, la consommation actuelle est d'à peu près 10 milliard de TEP par an, avec une croissance annuelle de 2 %. Comme il est irréaliste d'espérer arrêter toute consommation dans 30 ans, la raison voudrait qu'on commence à l'abaisser tout de suite et fortement, car il est déjà bien tard. Cela suppose une explosion de la production d'énergie par des sources non carbonées. Ce scénario est hélas improbable et Fukushima ne va pas aider à le réaliser.... Il est à craindre, au contraire, que l'humanité, dans son aveuglement, consomme, à la suite de l'Amérique du Nord, des HCF tant qu'il y en aura. Et il y en a beaucoup. Les réserves connues et assez aisément exploitables peuvent être estimées à 3000 milliards de TEP (essentiellement du charbon). Il faut leur ajouter peut être 2 à 3000 milliards de TEP de réserves moins bien connues et moins faciles à exploiter, appelées non conventionnelles, et dont font partie les gaz de schiste. Et il y a encore des quantités énormes, à peu près inconnues, telles que méthane piégé dans le permafrost, hydrate de méthane au fond des océans, etc....

En reprenant le raisonnement que nous avons fait plus haut, si l'on se contentait d'utiliser les 3000 milliards de TEP bien connues, on augmenterait la teneur en CO<sub>2</sub> d'environ 800 à 900 ppm, et la température moyenne à l'équilibre d'environ 8°, ce qui entraînerait des conséquences sur le climat d'autant plus imprévisibles que le GIEC pense que s'ajouteraient alors celles de l'effet induit sur certains équilibres planétaires, tels que les courants océaniques.... Il suffit, pour avoir une idée sur les bouleversements probables de se souvenir qu'au maximum de la dernière glaciation, alors que la température moyenne était inférieure de seulement 5° à la température actuelle, le niveau des océans était 150 m plus bas qu'aujourd'hui et que toute l'Europe du Nord y compris la Grande Bretagne, le Nord de l'Allemagne et les Alpes étaient couverts d'une **épaisseur** de glace de plusieurs kilomètres. La civilisation était celle du paléolithique...., et n'a pu changer qu'avec l'arrivée du climat actuel.

On doit conclure de tout cela qu'il ne faut surtout pas consommer tous les HCF disponibles mais se contenter d'une fraction (un dixième ?) de ceux qui sont aisément accessibles. Faute de quoi, notre civilisation ne survivra pas, l'humanité peut être non plus, et si elle survit ce sera dans des conditions complètement nouvelles et imprévisibles, y compris en nombre.

Faute de pouvoir réduire drastiquement (la diviser par 25 pour un Européen moyen) la consommation d'énergie des 7 milliards d'habitants de la planète, il faut d'urgence et en quantité très importante, des sources d'énergie de substitution. Dans l'état actuel des sciences et de la technique, celles-ci ne peuvent être que le nucléaire et les renouvelables. Nous avons publié, avec Brèves Nouvelles n° 104 de mars 2009, un article intitulé "Energies Renouvelables et Energies Propres" dans lequel nous avons discuté cette question. Disons pour résumer que le nucléaire a montré qu'en 20 ans, en gros de 1965 en 1985, il a été capable de mettre en place une capacité permettant la production de 15% de l'électricité consommée dans le monde (ce qui n'est que 4,5 % de la

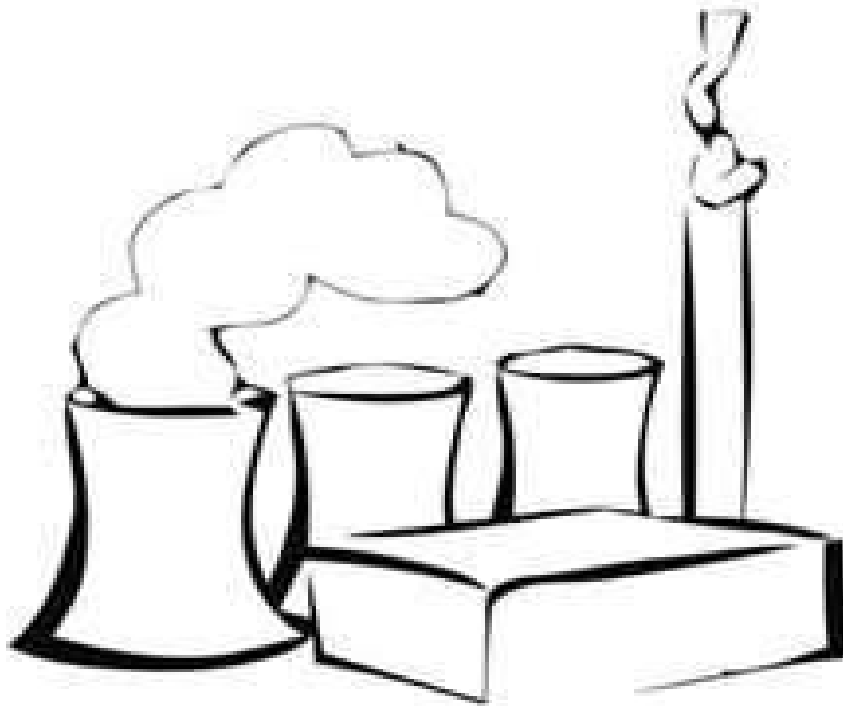
consommation d'énergie primaire), alors que les renouvelables, hors biomasse et hydraulique, n'ont en 20 ans, en gros de 1990 à 2010, et malgré des subventions insoutenables, pu mettre en place qu'une capacité capable de produire 2 % de l'électricité mondiale. Ces chiffres éclairent parfaitement, et la taille du problème, et les choix à faire pour répondre au défi que nous avons évoqué.

Bien sûr les renouvelables ont un avenir, surtout l'énergie solaire, mais leurs limitations actuelles les rendent incapables de résoudre le problème à elles seules et à temps. Elles ne pourront être, dans les 30 ans que nous avons évoqués, que des énergies d'appoint. En réalité, celles dont on parle le plus, l'éolien et le solaire, ont deux handicaps qui expliquent la difficulté, la lenteur, et le coût de leur développement. Elles sont très diluées à la surface de la terre et elles sont intermittentes. Il faut par exemple aujourd'hui 250 km<sup>2</sup> de panneaux solaires ou 3500 éoliennes de 140 m de hauteur pour produire la même quantité d'électricité qu'une tranche nucléaire moderne (1700 Mw). Cela n'est pas définitivement rédhibitoire et ces sources, en particulier le solaire, seront parfaitement adaptées à des régions où la consommation d'électricité est diffuse. Il faudra pour cela les optimiser car leur économie est actuellement très défavorable. Beaucoup de recherche reste à faire, qu'il vaut mieux financer plutôt que de subventionner à grands frais un développement peu efficace parce que prématuré. Il est heureux que le Gouvernement français, par la bouche de son Premier Ministre, ait reconnu le 8 avril dernier qu'"on avait fait n'importe quoi" dans ce domaine "en mettant en place des tarifs complètement déraisonnables". C'est ce que nous disons depuis des années. Quant à l'intermittence, elle est également intrinsèque et ne peut être corrigée qu'en mettant au point des procédés efficaces et économiques de stockage en masse de l'énergie électrique. En résumé, les énergies renouvelables ont un bel avenir mais en sont aujourd'hui au stade de la recherche pas à celui d'un développement massif, au moins dans nos pays.

Pour les décennies qui viennent, et qui, nous l'avons vu, sont cruciales, il faut choisir entre hydrocarbures fossiles et énergie nucléaire, il n'y a pas d'autre possibilité réaliste. Refuser, et le nucléaire, et les gaz de schiste est, pour être poli, pure niaiserie, surtout si l'on prétend en même temps maintenir, voire développer, le "pouvoir d'achat" dans les pays riches. Il faut donc choisir entre les risques, réels, entraînés par le nucléaire et l'assurance de catastrophe climatique attachée aux hydrocarbures fossiles. La majorité du Conseil de Luberon Nature choisit le nucléaire et ses risques, estimant que l'alternative est de loin pire. Ce n'est pas un choix par enthousiasme ni passion, ni par intérêt, c'est peut on dire le choix du moindre mal.

Bien sûr ce choix implique de militer pour que les risques d'accident soient étudiés de façon beaucoup plus approfondie sur les centrales actuelles comme sur celles du futur, afin d'en revoir la conception, la réalisation, l'implantation, l'exploitation, pour diminuer au maximum le nombre et les conséquences des accidents inévitables. Car il est bien connu qu'il n'y a pas de risque zéro, et il y aura forcément d'autres accidents.

## Pourquoi le nucléaire fait-il aussi peur ?



Le nucléaire fait peur parce qu'on ne le comprend pas. Il fait peur comme faisait peur la sorcellerie il y a quelques siècles. C'est irrationnel, magique, religieux, mais c'est ainsi. En fait, cette peur est celle d'une agression aussi invisible qu'un mauvais sort et qui entraîne comme lui des effets néfastes, voire la mort, à terme (3).

En réalité, toutes les industries, toutes les activités humaines, ont des conséquences qui ne sont pas toutes positives et, si on les regarde objectivement, celles du nucléaire ne sont pas pires que les autres. Ne parlons pas des catastrophes naturelles, séismes, éruptions volcaniques, tempêtes, inondations, tsunamis, etc..., qui ont souvent des effets beaucoup plus graves. Mais notre esprit (et nos médias) sont ainsi faits qu'on a plus parlé en France des trois opérateurs irradiés à Fukushima (avec quelle gravité ?), et soignés, que des 25 à 30 000 disparus du tsunami, dont on n'a même pas retrouvé tous les corps. Mais le tsunami n'est pas de la sorcellerie.

L'industrie chimique aussi fait peur et pour les mêmes raisons. On découvre périodiquement qu'elle est à l'origine de produits susceptibles d'avoir, eux aussi, des effets nocifs à terme. Mais personne n'a jamais envisagé de "sortir de la chimie" à cause des dioxines, du pyralène, du bisphénol A, et autres phtalates, et c'est heureux. Car cela n'est pas de la sorcellerie et on garde suffisamment de raison pour mettre en balance les inconvénients et les avantages. On n'a d'ailleurs pratiquement pas parlé des usines chimiques et des raffineries qui, à la suite du séisme et du tsunami, ont brûlé parfois pendant des jours, en relâchant dans l'atmosphère et dans les eaux des quantités certainement considérables de produits toxiques à effet plus ou moins différé.

Tchernobyl a fait un nombre de victimes inconnu de tout le monde, se situant sans doute entre au maximum 3000 en quelques jours et peut être 20 à 30 000 en quelques décennies. Ces chiffres ne sont absolument pas garantis, mais pas invraisemblables. Mais on ne dit guère que depuis Tchernobyl, il y a eu 150 000 morts officiels dans les mines de charbon, rien qu'en Chine. La réalité est certainement plus élevée, et on ne parle pas de ceux sans doute plus nombreux qui sont morts de silicose 5, 10, 15 ans plus tard. Ce n'est pas de la sorcellerie. Rappelons au passage qu'à Fukushima et jusqu'à maintenant il n'y a, à notre connaissance, aucun mort d'accident nucléaire.

## **En conclusion**

Nous ne prétendons pas dicter à chacun ce qu'il doit penser. Nous demandons seulement, qu'avant de se déterminer sur un sujet aussi crucial, chacun prenne en compte dans sa réflexion les trois considérations que nous avons développées, impossibilité de continuer comme maintenant avec les HCF et urgence à changer, incontournabilité du nucléaire pour répondre à ce changement et à cette urgence, irrationalité de la peur du nucléaire.

Et que chacun choisisse la sauce à laquelle il préfère que l'humanité soit mangée...

(1) L'Agence pour l'Energie Nucléaire de l'OCDE estime que les rejets radioactifs de l'accident de Fukushima représentent environ 10 % de ceux de Tchernobyl

(2) En particulier, notre raisonnement suppose une proportionnalité entre les effets et les causes (consommation d'HCF, teneur en GES dans l'atmosphère, augmentation de température moyenne), ce qui est certainement assez éloigné de la réalité, mais, par sa simplicité, permet de raisonner et de prendre en compte les informations nouvelles. Les modèles en général utilisés, en particulier par les experts du GIEC, vont dans le même sens, mais sont beaucoup plus sophistiqués et sans doute plus proches de la réalité. Ils ont par contre l'inconvénient d'être opaques, totalement dépendants de l'informatique, ce qui ne permet pas une compréhension directe, ni une critique de bon sens.

(3) Comme celle des sorcières, cette peur se nourrit de beaucoup d'idées fausses largement propagées.

On s'imagine par exemple qu'une centrale nucléaire peut devenir une bombe atomique. C'est inexact et il est aussi impossible de faire une bombe à partir d'une centrale que de produire de l'électricité avec une bombe. Ce n'est pas parce que Fukushima rime avec Hiroshima qu'il faut les assimiler. C'est confondre un char d'assaut avec une brouette.

Beaucoup d'idées fausses concernent les déchets radioactifs. Ceux-ci existent effectivement et constituent l'un des risques que nous acceptons, et qui sera beaucoup diminué dans l'avenir. Ces déchets ne sont pas, comme beaucoup le croient, des créatures diaboliques. La radioactivité est un phénomène naturel. L'univers, l'intérieur de la terre lui-même en sont baignés, et sans elle la terre serait une planète morte. Globalement, les déchets des centrales sont infimes dans cet environnement naturel, et tout le problème consiste à les y intégrer de façon sûre. C'est possible parce que ces déchets sont parfaitement circonscrits et contrôlés, ce qui n'est pas le cas des GES par exemple, qui sont livrés à eux-mêmes dès leur production, avec les conséquences que nous avons vues. Ces déchets, parce qu'ils sont radioactifs, perdent spontanément leur nocivité au bout d'une période qui, pour un petit nombre d'entre eux, peut être très longue. Mais n'oublions pas que certains produits naturels, le plomb, le mercure, l'arsenic, et bien d'autres, existent aussi dans notre environnement, et qu'eux ne disparaissent jamais. En outre, on sait, et on le fait en France et dans d'autres pays, réduire très sensiblement la quantité des déchets par le retraitement, qui est donc une opération très bénéfique, contrairement à ce que beaucoup s'imaginent. On sait également ramener cette quantité de déchets à très peu de choses mais cela ne deviendra une pratique industrielle qu'avec les réacteurs de génération 4, c'est à dire les surgénérateurs qui sont, eux aussi, présentés par certains comme le mal absolu, ce qu'ils ne sont pas, bien au contraire.



## **Energies renouvelables ou énergies propres, de la planète au Luberon**

**A l'issue de notre Assemblée Générale du 3 juillet 2009, son Excellence l'Ambassadeur William Ramsay, spécialiste international des questions énergétiques, actuellement Directeur Energie à l'Institut Français des Relations Internationales (IFRI), a prononcé une conférence intitulée "Energies Renouvelables ou Energies Propres, de la Planète au Luberon". Il ne nous est pas possible de publier ici le texte intégral de cette conférence, dont les lignes principales étaient les suivantes :**

- si l'humanité laisse se poursuivre la croissance actuelle de la consommation d'énergie, celle-ci aura augmenté de 40 % d'ici 2030, plus de 80 % seront issus d'énergies fossiles. Le reste sera constitué par le nucléaire et les énergies renouvelables, surtout l'hydraulique et la biomasse traditionnelle, l'éolien et le solaire étant insignifiants. Les énergies renouvelables ne sont d'ailleurs pas toutes sans danger. Aujourd'hui, plus de femmes et d'enfants meurent prématurément dans les pays pauvres à cause de l'utilisation de la biomasse qu'à cause du paludisme.
- cette croissance de consommation sera dûe aux pays non OCDE, principalement la Chine et l'Inde qui deviendront les maîtres du marché de l'énergie.
- les émissions de CO<sup>2</sup> suivent cette croissance et passeraient de 27 milliards de tonnes aujourd'hui à 42 en 2030, ce qui pourrait se traduire par un réchauffement moyen de la planète de 6°C en 2050. Ce serait un scénario catastrophe pour l'humanité. L'objectif pour 2050, c'est de revenir à seulement 14 milliards de tonnes, soit une réduction de 48 milliards en 40 ans. C'est probablement possible techniquement, mais politiquement ?
- la moitié de cette réduction pourrait être obtenue par des économies d'énergie. Pour les 24 autres milliards de tonnes, il faudrait remplacer 3000 centrales à charbon par des centrales nucléaires, ou 4 millions d'éoliennes, ou cultiver de la biomasse sur 12 milliards de km<sup>2</sup> (24 fois la France).
- en 2050, la population sera de 9 milliards d'habitants, et pour n'émettre que 14 milliards de tonnes de CO<sup>2</sup>, chacun d'entre eux n'aura droit qu'à 1,5 tonne. Actuellement, un citoyen des Etats Unis émet 19 tonnes, un européen 10 tonnes, un chinois 1,5 tonnes.
- l'éolien crée de nombreux problèmes plus ou moins connus. La production dépend du vent, ce qui entraîne son utilisation moins de 25 % du temps, en général au moment où l'on n'en a pas besoin. Cela nécessite des centrales annexes, nucléaire, charbon ou gaz, qui produisent 3 à 4 fois plus que l'éolien lui-même, et qui obligent bien sûr à un double investissement. Le vent n'étant pas prévisible, la sécurité des réseaux est difficile à assurer. Le 4 novembre 2006, à 22 h 10, l'irrégularité de l'éolien a fait disjoncter le réseau HT allemand, ce qui s'est propagé en cascade, en France en Espagne et jusqu'au Maroc. Il a fallu 40 minutes pour commencer à rétablir la situation. Une forte croissance de l'éolien nécessiterait un renforcement



considérable du réseau, c'est à dire beaucoup plus de lignes HT, que les populations refusent. Grâce à des subventions énormes, l'éolien est politiquement un "winner", mais il fait oublier la nécessité de développer d'autres voies, le réseau, le nucléaire, etc...

- l'énergie solaire est une source gigantesque. Celle qui arrive sur terre en une heure suffirait à satisfaire les besoins mondiaux actuels d'une année. Mais les problèmes d'intermittence et la faible densité de cette énergie la rendent très difficile et très coûteuse à récupérer. En fait les zones bien adaptées à utiliser le solaire sont les steppes et les déserts situés autour des tropiques. Là, le solaire a un potentiel encore insuffisamment exploité.
- en fait, le développement actuel de l'éolien et du solaire est politique. L'Allemagne possède 39 % de la puissance éolienne et 81 % de la puissance photovoltaïque installées en Europe. Ce résultat a été obtenu par une gigantesque politique de subventions visant, non pas à assurer réellement l'approvisionnement énergétique du pays, mais à faire de l'industrie allemande de l'éolien et du photovoltaïque la première au monde qu'elle aura ensuite la possibilité d'inonder de ses technologies et de ses matériels. C'est un investissement industriel et non énergétique.
- un scénario optimiste de l'OCDE envisage de produire en 2030 l'énergie électrique par les fossiles pour 41 % (en 2006, 67 %), le nucléaire pour 18 % (en 2006, 15 %), et les renouvelables pour 40 % (en 2006, 18 %). Mais parmi ces 40 % l'hydraulique en représente 22 (en 2006, 16 %) et la biomasse 5 % (en 2006, 1 %). L'éolien n'interviendrait encore que pour 9 % (en 2006, 1 %), et les autres renouvelables 5 % (en 2006, 0 %). C'est bien peu avec les difficultés signalées plus haut.
- en réalité, la plus importante réponse au défi climatique, de très loin, mais aussi la moins "sexy" c'est l'efficacité énergétique, autrement dit les économies d'énergie. Celles-ci sont multifformes. Les veilleuses de tous vos appareils électroniques consomment 7 % de l'électricité en France. L'éclairage représente 45 % de la consommation domestique. On peut réduire son coût énergétique de 80 % par des ampoules basse consommation. Etc...

A la fin de cet exposé, R. Soulat est invité à en tirer quelques conséquences pour le territoire du PNRL et son voisinage. Il constate que ce qui vient d'être dit par Mr Ramsay, avec l'autorité que lui confèrent ses activités passées et actuelles, est bien plus critique au sujet de l'éolien et du solaire que ce qu'il avait lui même l'intention de dire. Ses conclusions n'en sont que renforcées : ni l'éolien, ni le photovoltaïque n'ont leur place dans notre région. Malheureusement, une politique de subventions très excessives, maintenant plus élevées en France qu'en Allemagne, en favorise le développement par effet d'aubaine, et cela est en train de détruire la qualité des paysages et du patrimoine, pourtant essentielle pour l'avenir de la région. Le bénéfice escompté en contre partie est peut être politiquement intéressant, mais énergétiquement et climatologiquement dérisoire, si même il existe. R. Soulat pense par contre qu'il serait possible et utile de tenter de mettre au point une filière biomasse efficace et respectueuse des paysages en profitant des nombreuses zones inadaptées à une agriculture alimentaire existant dans le Luberon. C'est difficile et cela nécessiterait l'intervention musclée d'un organisme public, tel que le Parc, qui y trouverait une mission particulièrement positive.

**Energies renouvelables ou Energies propres ?  
Esquisse d'une stratégie globale.  
Application au territoire du Parc du Luberon**

On parle beaucoup d'énergies renouvelables. Le monde compte sur elles et sur les économies d'énergie pour conjurer la menace que fait peser sur l'avenir de l'humanité la croissance incontrôlée de la consommation d'énergie, et plus particulièrement celle des hydrocarbures fossiles, charbon, pétrole, gaz naturel (HCF).

Nous ne détaillerons pas ici les économies d'énergie, qui sont indispensables, qui peuvent être considérables, et qui font l'objet d'une stratégie relativement rationnelle, même si certains aspects pourraient en être améliorés. Nous essayerons par contre de poser clairement les problèmes liés à la production et à la consommation d'énergie, ce qui fera apparaître une hiérarchie des méthodes de production à mettre au point et à mettre en œuvre en fonction des opportunités de chaque territoire.

**De quoi parle t-on ?**

Le monde a utilisé, en 2005, 11,5 milliards de tonnes équivalent pétrole (11,5 G tep) d'énergie primaire, c'est à dire d'énergie extraite directement des gisements naturels. Cette énergie, pour l'essentiel inutilisable sous sa forme brute par le consommateur, est transformée pour lui être livrée sous une forme plus appropriée, combustibles, carburants, électricité, chaleur. Dans cette transformation une partie importante se perd et on peut globalement estimer que l'énergie appelée finale représente environ 65 % de l'énergie primaire, soit 7,5 Gtep. Il faut également considérer l'énergie utile, c'est à dire celle effectivement utilisée pour rendre le service recherché, par exemple celle transmise aux roues d'une voiture, qui ne doit guère dépasser 30 % de celle du carburant consommé. On voit par là l'énorme perte entre énergie primaire et énergie utile, qui peut être réduite, mais en partie seulement, par des économies.

Les sources d'énergie primaire utilisées ont été en 2005 dans le monde :

- les hydrocarbures fossiles (HCF) pour 81 % (pétrole 35 %, charbon 25 %, gaz naturel 21 %)
- le bois et la biomasse en général, pour 10 % (et probablement plus, toute une partie de la consommation n'étant pas recensée)
- le nucléaire pour 6 %
- L'hydraulique pour 2 %
- la géothermie pour 1 %
- l'éolien, le solaire, et l'énergie des mers pour une petite fraction de %

Si nous recherchons maintenant les formes d'utilisation de l'énergie finale, nous constatons :

- que 60 % sont de la chaleur, obtenue soit directement, soit par l'intermédiaire de combustibles
- que 20 % sont des carburants (hors production d'électricité)
- que 20 % sont de l'électricité ((hors production de chaleur)

Cette électricité, qui représente 20 % de l'énergie finale, soit 1,5 Gtep, consomme en réalité pour sa production 30 % de l'énergie primaire, à cause du mauvais rendement thermodynamiquement inévitable de la transformation de chaleur en énergie mécanique ou en électricité. Elle a été produite en 2005 :

- à partir de HCF pour 66,6 % (charbon 40,3 %, gaz 19,7 %, pétrole 6,6 %)
- par l'hydraulique pour 16 %
- par le nucléaire pour 15,2 %
- par d'autres moyens pour 2,2 % (essentiellement biomasse et géothermie)

### **Quels sont les problèmes ?**

Les grands problèmes, qui constituent des défis vitaux, pour l'avenir, sont au nombre de trois

Le plus important, parce que susceptible de mener à l'extinction de l'humanité, est celui du réchauffement climatique dû au dégagement de gaz à effet de serre (GES) par la combustion et plus généralement la décomposition des matières organiques. Cette génération de GES est sans grandes conséquences si elle est rapidement réversible, ce qui est le cas de la combustion de la biomasse qui, en se reconstituant rapidement, fixe à nouveau le CO<sup>2</sup> libéré. Elle a par contre des conséquences désastreuses s'il n'y a pas régénération (cas de la combustion des HCF) ou si cette régénération est trop lente par rapport à la combustion ou à la décomposition (cas de la déforestation). Cette question est maintenant bien connue et impose de limiter puis d'arrêter l'utilisation des HCF.

Le second problème est constitué par la croissance en nombre de l'humanité, et le développement, bien sûr souhaitable, des pays émergents puis des autres pays pauvres. Sans entrer dans le détail, on notera seulement que, même si les pays développés réussissent à limiter la croissance de leurs besoins, ceux des pays émergents feront que la consommation mondiale d'énergie augmentera de façon considérable, en faisant d'abord appel aux sources les plus faciles à utiliser, les HCF

Le troisième problème concerne l'épuisement dans un délai de quelques décennies pour le pétrole et d'un ou deux siècles pour le charbon, des réserves d'HCF. Contrairement à une opinion couramment admise, ce n'est pas l'épuisement en lui-même qui constitue le problème, c'est le fait que tant que ces réserves existeront, il sera très difficile de ne pas les utiliser, et que leur utilisation totale entraînerait une augmentation de température telle qu'elle serait fatale aux civilisations actuelles, et peut être à l'humanité. Il faut donc impérativement arrêter de consommer les HCF bien avant l'épuisement des réserves, ce qui ne va pas de soi

car cela ne peut pas relever de l'économie, mais doit être imposé par une décision politique, particulièrement impopulaire et difficile à prendre dans un monde où règne la concurrence à court terme.

### Comment aborder correctement la recherche de solution ?

La solution ne peut se trouver que dans le remplacement progressif, mais assez rapide, des HCF par d'autres sources d'énergie ne dégageant pas ou dégageant peu de GES, en particulier de CO<sup>2</sup>, sources que nous appellerons "propres".

Cela ne sera pas facile car le succès considérable des HCF est dû, sur le plan économique à leur disponibilité et à leur prix extrêmement bas (ils fournissent des kWh 4000 fois moins chers que l'énergie humaine) et sur le plan technique au fait qu'ils constituent de l'énergie très concentrée, facilement stockable, et facilement transportable. Pour les remplacer, on disposera d'énergie mécanique, qui ne se stocke pas et ne se transporte pas, d'énergie thermique qui se stocke très mal et se transporte assez difficilement, et d'énergie électrique qui se transporte assez aisément mais qu'on ne sait pas stocker aujourd'hui en quantité importante. Il est vraisemblable que l'abandon des HCF entraînera un développement considérable de l'énergie électrique, dont l'importance par rapport à l'énergie finale passera de 20 % à peut être 70 à 80 %. Les transports devront devenir pour l'essentiel électriques, le chauffage également, par exemple par l'utilisation de pompes à chaleur, etc...

On peut raisonnablement estimer que dans un siècle, le recours aux HCF étant terminé, la consommation d'énergie pourrait être limitée à 25 Gtep/an. Cette valeur ne prétend pas à l'exactitude, mais elle fixe un ordre de grandeur suffisamment réaliste pour montrer l'importance du défi. Ne représentant qu'un peu plus de deux fois la consommation de 2005, elle suppose que seront réalisées d'énormes économies d'énergie car, d'ici un siècle, la population aura crû d'environ 40 % et la quasi totalité de l'humanité aura cherché à atteindre le niveau de vie d'un citoyen des USA qui consomme actuellement 16 fois plus d'énergie que la moyenne... Et pourtant, malgré la modestie de l'évaluation, elle oblige à multiplier par 10 le recours aux énergies propres, et par 40 la production d'électricité à partir de ces mêmes énergies. C'est énorme, et c'est un défi très difficile si l'on s'y attaque rationnellement, totalement irréalisable si on le fait dans la confusion actuelle.

Pour réussir, il faut développer toutes les sources d'énergie **propre**, en privilégiant au début celles qui sont susceptibles d'apporter **rapidement** une contribution **significative**. Au lieu de cela, conférences internationales et médias ne parlent que de produire 20 % de l'énergie par des sources renouvelables en insistant sur l'éolien et le solaire qui représentent à eux deux en 2005 moins de 0,23 % de l'approvisionnement énergétique mondial, et un peu plus de 1 % de l'ensemble des énergies propres. Pour des raisons qui sont à l'origine idéologiques et qu'on n'a pas su surmonter, on se focalise sur 1 % des énergies à développer en faisant l'impasse sur les 99 autres %, sujet tabou dont on ne parle pas. C'est surréaliste et c'est stupide.

Examinons maintenant les différentes sources d'énergie propre.

## Les sources d'énergie propre

Certaines sources produisent de la chaleur, qu'on peut utiliser telle quelle ou transformer en électricité

- **Le charbon** avec séquestration de CO<sup>2</sup>. Cette voie fait l'objet de nombreuses et importantes études dans le monde. Elle pourrait permettre à terme de consommer la totalité des importantes réserves de charbon, mais elle ne serait par nature, pas durable. Elle n'a pour l'instant aucune application industrielle et il n'est pas certain qu'elle soit possible, ni surtout généralisable.

- **La biomasse et les biocarburants.**

La biomasse représente déjà plus de 10 % de l'énergie primaire utilisée dans le monde avec en général des rendements très faibles. On sait l'utiliser efficacement pour la production de chaleur et c'est probablement la voie qu'il faut privilégier.



La transformation de cette chaleur en électricité n'est pas économique et celle de la biomasse en biocarburant souffre d'un très mauvais rendement énergétique. Par ailleurs la biomasse devra dans l'avenir être utilisée en priorité pour nourrir mieux que maintenant une population croissante. Ce qui restera disponible devra être utilisé comme matériau ou matière (bois d'œuvre, panneaux de particules, papier, matière de base pour l'industrie chimique et la production de plastiques et de caoutchoucs, etc...). Il en restera probablement très peu pour une utilisation énergétique ou biocarburant. Il est donc très souhaitable de pousser au développement de la biomasse mais pas dans n'importe quelle direction, et en sachant que le potentiel disponible pour produire de l'énergie restera limité.

- **Le nucléaire**, et plus précisément l'électronucléaire de fission. Il a prouvé sa capacité à produire industriellement de l'électricité, de façon très concentrée. Il produit plus de 15 % de l'électricité utilisée dans le monde, 78 % en France avec seulement 58 réacteurs. C'est objectivement, avec l'hydraulique et la géothermie, la technique qui dégage le moins de CO<sup>2</sup> par kWh produit. C'est aussi avec l'hydraulique la plus économique. En raison de l'urgence c'est donc une technique à développer aussi vite que possible, en dépit des problèmes qu'elle engendre, comme toute activité humaine et que nous pouvons résumer ainsi :

- utilisation actuellement très insuffisante de la matière fissile dont 1 % seulement est effectivement employé, ce qui entraîne une disponibilité limitée de la ressource
- production de déchets dangereux à très longue durée de vie

- risque d'accident majeur
- risque de prolifération militaire ou terroriste
- rendement déplorable de la production d'électricité par voie thermique (33 à 45 %)
- opposition déterminée et particulièrement audible d'une partie de la population des pays développés

Cependant, ces problèmes peuvent être résolus ou au moins ramenés à un niveau tout à fait acceptable, en comparaison avec les autres activités humaines.

Les 2 premiers, qui sont des problèmes importants et liés, sont l'objet de travaux dans divers pays dont la France, dans le cadre d'un programme international initié en 2001 à l'initiative des USA. Ces recherches doivent permettre de résoudre pour plusieurs millénaires l'approvisionnement en matière fissile et de ramener à un petit minimum le volume des déchets dangereux. Il faut voir d'ailleurs que ces déchets, même ceux actuels, sont beaucoup mieux circonscrits et contrôlés que les GES dont le danger pour l'humanité est pourtant bien plus important et bien plus certain.

Le risque d'accident majeur existe indiscutablement, même si l'expérience déjà accumulée a montré que son occurrence est faible. Il ne pourra jamais être nul malgré les améliorations permanentes visant à le rendre de plus en plus rare. On doit constater que les conséquences du seul accident très grave sont restées limitées, même si on les estime encore bien trop importantes. On peut par exemple les mettre en parallèle avec les 6000 morts par an que le gouvernement chinois avoue dans les mines de charbon (les observateurs internationaux pensent que c'est plutôt le triple) pour constater objectivement que l'industrie nucléaire est moins dangereuse que d'autres.

La prolifération n'est plus un risque mais un fait confirmé par l'existence de 450 réacteurs répartis dans le monde et surtout de 150 en construction ou en projet. La question n'est plus donc de l'éviter mais de la contrôler.

Quant au mauvais rendement thermodynamiquement inévitable de la transformation de la chaleur en électricité, qui n'est pas pire pour les centrales nucléaires que pour celles à combustibles fossiles, on ne peut que le compenser en récupérant l'essentiel de la chaleur perdue, soit à basse température (chauffage de serres etc...) soit en relevant cette température par des pompes à chaleur et en la transportant par des réseaux de chaleur comme il existe des réseaux de gaz ou d'électricité.

L'opposition d'une partie de la population des pays développés a échoué à empêcher le développement de l'énergie nucléaire mais elle a réussi à le retarder, à augmenter ainsi les quantités de GES rejetées dans l'atmosphère, et donc à accélérer l'évolution du climat, dont les plus pauvres sont les premières victimes.

La maîtrise de la fusion n'est par contre pas assurée. Il n'est pas certain qu'elle soit réalisable et si elle l'est ce ne sera pas avant un siècle ou plus.

- **La géothermie** dispose d'une source due à l'activité radioactive de la terre, pratiquement inépuisable, malheureusement assez difficile et assez chère à capter, soit sous forme de chaleur à haute température pour actionner une centrale électrique soit plus généralement sous forme d'eau chaude utilisable pour le chauffage. Son utilisation qui fournit actuellement 1 % de l'énergie primaire mondiale est pratiquement limitée à certains territoires, mais elle doit être développée au maximum à cause de l'ensemble de ses avantages.
- **Le chauffage solaire**, par des capteurs thermiques individuels susceptibles de chauffer une résidence et de fournir l'eau chaude sanitaire, est maintenant bien au point. Là encore le gisement est pratiquement illimité et la technique est à développer au maximum
- **Les centrales solaires à concentration**, sont au stade de la recherche. Si celle-ci réussit, elles pourront servir à produire de l'électricité avec un potentiel aussi important que celui du photovoltaïque, et les mêmes inconvénients, en particulier l'intermittence et la nécessité de surfaces très importantes pour disposer des miroirs. Pour accélérer la recherche, il faudrait être certain d'un avantage durable par rapport au photovoltaïque

D'autres sources ne peuvent produire que de l'électricité, soit directement (photovoltaïque) soit à partir de l'énergie mécanique des fluides de la surface terrestre.

- **Le photovoltaïque**, découvert, contrairement à ce qu'on croit, en 1839, 57 ans avant la radioactivité, ne s'est pas développé aussi vite et sa pénétration actuelle au niveau mondial est insignifiante. C'est une technique qui bénéficie pourtant d'un gisement gigantesque et qui aura probablement un grand avenir. Cependant, une production significative ne peut pas être espérée avant au moins 3 ou 4 décennies, car de nombreux problèmes restent à surmonter et un gros travail de recherche est à réaliser:
  - le rendement des panneaux solaires est pour l'instant mauvais et leur coût élevé, ce qui ne leur permet pas de se développer dans des conditions économiques acceptables
  - la surface de sol nécessaire pour une production significative est énorme, 200 à 250 km<sup>2</sup> pour une centrale de production égale à celle des centrales à charbon ou nucléaires modernes (1600 MW). Cela limite une utilisation importante à certaines zones relativement désertes et entraîne la nécessité d'une infrastructure complexe et chère (en investissement et en maintenance) pour transporter l'énergie produite.
  - la production est intermittente, ce qui fait qu'une unité de puissance donnée ne produit que 15 à 20 % de l'énergie théoriquement possible. Tant qu'on n'aura pas trouvé de moyen de stockage en masse de l'énergie électrique, le photovoltaïque est condamné à rester marginal à moins d'être doublé par une puissance équivalente fournie par des centrales autres, ce qui n'est guère envisageable.
  - la combinaison de tout cela fait que l'économie actuelle est particulièrement mauvaise.

Il reste que le photovoltaïque pourra également être, comme le sont le chauffage solaire, la biomasse, l'éolien, la petite hydraulique, utilisé de façon décentralisée par des particuliers pour produire une partie de l'énergie dont ils ont besoin. Il pourra l'être également dans des zones à faible densité de population, en particulier dans des pays pauvres où l'économie de la mise en place d'autres sources serait encore pire que la sienne. C'est sans doute par-là que son développement devrait commencer, pas dans les pays développés où il ne serait ni compétitif, ni suffisamment efficace.

- **L'hydraulique** constitue un ensemble de techniques matures qui produisent actuellement 2 % de l'énergie primaire, mais 16 % de l'électricité utilisée dans le monde. L'essentiel provient des grands barrages, mais une petite partie est produite par des séries de centrales au fil de l'eau. Il existe même une possibilité de production décentralisée par des microcentrales individuelles sur des cours d'eau privés. C'est également la technique la plus souple, autorisant des démarrages et des arrêts quasi instantanés, ce qui permet en particulier de corriger les caprices de l'éolien et du photovoltaïque tant que ceux-ci restent marginaux. Les grands barrages permettent même un certain stockage d'électricité en remontant de l'eau d'aval en amont en période de faible consommation. L'hydraulique serait donc la technique miracle si son potentiel de développement n'était pas limité par le nombre de sites utilisables et d'importants inconvénients environnementaux : modification des biotopes et des paysages, envasement en amont et privation de limon en aval, développement bactérien générateur de GES dans les retenues un peu chaudes.
- **L'éolien**, qui produit environ 0,04 % de l'énergie primaire consommée dans le monde, est techniquement à un stade de développement avancé. Le gisement sur lequel il s'appuie est important mais très capricieux. Malheureusement ses inconvénients, notables, sont en pire, ceux du photovoltaïque, surface au sol considérable et intermittence particulièrement imprévisible. L'expérience récente montre que l'éolien ne produit effectivement de l'énergie que moins de 20 % du temps, ce qui pénalise fortement son économie et ses bilans énergétique et environnemental. S'y ajoute la dégradation des paysages, le bruit, les atteintes à la faune aviaire etc. ..Pour toutes ces raisons, il n'est aujourd'hui pas évident que l'éolien ait un réel potentiel de développement, sauf peut être dans des applications décentralisées ou isolées.
- **L'énergie des océans**, récupérable à partir des marées, des courants, de la houle. Inexistantes aujourd'hui (en dehors du barrage de la Rance) ces techniques en sont aux premiers stades de l'expérimentation.

### Esquisse d'une stratégie

Nous avons vu qu'il fallait viser à multiplier en un siècle, à partir de sources propres, par 10 la production d'énergie primaire et par 40 celle d'électricité. La stratégie de l'Union Européenne, qui visait à produire en 2010, 20 % de son électricité à partir de sources renouvelables (hydraulique, biomasse, éolien, solaire) et qui ne se réalisera même pas apparaît bien timorée et bien insuffisante. De plus, une fois ce résultat atteint, il ne serait pas extrapolable à cause des limitations de potentiel, de permanence, et d'état de développement des seules sources retenues. La nouvelle stratégie, définie récemment, visant à diminuer de 20 ou 30 % d'ici 2020 les émissions européennes de CO<sup>2</sup> est plus réaliste en



poussant aux économies d'énergies, mais elle ne résout toujours pas la question du développement des sources d'énergie propres au dépens des HCF.

La taille du problème et l'urgence à lui trouver une solution imposent une stratégie beaucoup plus ambitieuse, qui mobilise toutes les sources propres, en tenant compte pour chacune de son potentiel ultime, de sa maturité qui conditionne ses possibilités de développement rapide, et de son économie actuelle et prévisible. Il faut également être conscient que n'importe quel territoire ne peut pas accueillir n'importe quel type de production d'énergie propre, pour des raisons géographique, économique, politique etc..., et que pour être efficace, un territoire donné peut avoir intérêt à se spécialiser dans telle ou telle technologie plutôt que de disperser ses moyens et ses compétences.

Cela dit, au niveau mondial, et compte tenu des possibilités et des limitations de chacune des voies que nous avons examinées, les seules sources significatives sur lesquelles nous pouvons compter pour un développement industriel ambitieux dans les 30 ans qui viennent, sont :

- la biomasse pour produire de la chaleur
- le nucléaire pour produire de l'électricité
- l'hydraulique pour produire de l'électricité
- le solaire thermique pour le chauffage
- la géothermie pour le chauffage et un peu d'électricité

On peut leur ajouter, mais seulement pour l'instant en tant que sources d'appoint, le photovoltaïque et l'éolien, dans la mesure où leur économie deviendrait acceptable.

Plus tard, dans un siècle ou plus, les seules sources présentant un potentiel suffisant pour produire les énormes quantités d'énergie électrique dont nous avons vu la nécessité, seront le nucléaire et le photovoltaïque. Bien que ni l'une ni l'autre ne soit aujourd'hui optimisée, il faut les développer conjointement en les améliorant, chacune dans le cadre qu'elle saura satisfaire au mieux. Le nucléaire est dès maintenant capable de produire, au coût le plus faible, des quantités considérables d'énergie, de façon très concentrée, dans un petit nombre de sites et sur de faibles surfaces. Il est ainsi bien adapté à desservir des zones peuplées, industrialisées, très consommatrices, situées dans des pays développés ou émergents. Le photovoltaïque, beaucoup moins avancé, encore très cher, consommateur d'espace, mais permettant une production dispersée, est beaucoup plus apte à desservir des zones dans lesquelles les peuplements sont isolés, peu industrialisés, où le bon prix de revient d'une très grosse centrale serait mis à mal par le coût d'une distribution à trop grand rayon. Son développement à court et moyen terme semble donc plus intéressant dans des pays pauvres, plus ou moins désertiques, jusque là sans réseau électrique.

Parallèlement, beaucoup de travail de recherche, doit être fait sur le nucléaire (fission et fusion), le photovoltaïque, l'énergie des océans, le stockage de l'électricité, et peut être la séquestration du CO<sub>2</sub>, de façon à ce que de nouveaux développements basés sur ces techniques optimisées viennent compléter ou

relayer les précédents. Il n'est par contre pas raisonnable de continuer à détourner les moyens nécessaires à ces travaux pour subventionner outrageusement la multiplication d'installations insuffisamment matures (photovoltaïque) ou au potentiel trop limité (l'éolien) là où elles ne pourront jamais être que marginales.

### **L'application de cette stratégie sur le territoire du PNRL**

La taille et les spécificités du PNRL vont fortement limiter le développement local de sources propres, mais pas l'interdire.

D'abord un très gros effort peut être fait et est en cours sous l'égide du Parc pour réaliser le maximum d'économies d'énergie. Il est probable qu'on peut, sans compromettre sensiblement le niveau de vie, diminuer d'un tiers à la moitié l'énergie consommée, et c'est certainement le plus gros gisement d'énergie propre (et renouvelable) qu'on puisse trouver. Quelques précautions sont cependant à prendre dans le domaine de l'immobilier. Il faut absolument respecter le paysage et le patrimoine des villes, des villages ainsi que le patrimoine dispersé, qui constituent l'un des atouts les plus forts du territoire. Pour cela on ne peut pas accepter n'importe quel modèle d'habitation économe en énergie qui est ou sera présenté. Au contraire il serait intéressant d'en étudier un ou plusieurs bien adaptés ainsi que de trouver des solutions permettant d'améliorer à un coût acceptable la consommation d'énergie des nombreuses grandes maisons anciennes sans les défigurer.

Si nous revenons maintenant aux sources d'énergie propre que nous avons retenues, deux paraissent particulièrement intéressantes, la biomasse et le solaire thermique.

La biomasse, sous la forme de plaquettes de bois, est déjà bien utilisée pour le chauffage collectif et il est possible de développer sensiblement cette voie. Cela nécessite une gestion rationnelle et respectueuse des paysages de grandes surfaces plus ou moins boisées, sur le Luberon et le plateau de Vaucluse. Toute une organisation est pour cela à mettre en place. L'objection généralement faite à cette proposition concerne la modification des paysages et des essences qui s'y développent. Ces modifications n'interdisent pourtant pas le respect des paysages, qui dans l'histoire ont changé plusieurs fois d'aspect, tantôt boisés, tantôt rasés pour fournir du combustible aux industries du verre, de la poterie, du fer, ou pour dégager des prairies propres au pastoralisme. Une optimisation est donc possible sans renier le caractère du pays. La production de chaleur par cette voie n'aura peut être qu'un temps, car certains terrains devront revenir aux cultures vivrières, et les plaquettes de bois elles-mêmes devront sans doute être utilisées plus efficacement en biomasse-matière qu'en biomasse-énergie. Mais d'ici là il existe une opportunité de plaquettes-énergie, opportunité qui permet le développement de la filière. Une autre source de biomasse pour produire de la chaleur existe, il s'agit des déchets organiques de toute nature, ordures ménagères, déchets agricoles, etc... Leur combustion est plus délicate à mener dans de bonnes conditions et doit être réalisée dans des installations plus industrielles, susceptibles d'alimenter par exemple un réseau de chauffage urbain. Il faut cependant faire attention à ne pas brûler n'importe quel déchet. Nombre d'entre eux sont ou peuvent être utilisés (éventuellement après compostage) comme fertilisant, et les brûler obligerait à les remplacer par des engrais chimiques, dont la production et le transport génèrent des quantités importantes de GES, ce qui conduirait à l'inverse du but recherché.

Deux sources, pourtant particulièrement importantes au plan général, paraissent peu adaptées au territoire du PNRL. Il s'agit de l'hydraulique, pour laquelle la seule rivière utilisable, la Durance, est déjà complètement équipée, et du nucléaire, dont on ne voit pas bien où, compte tenu de ses contraintes, de refroidissement en particulier, il pourrait être implanté. Mais le faible nombre de sites nécessaires fait que la question ne peut être posée qu'au niveau national.

Reste la géothermie, au sujet de laquelle nous manquons d'éléments. Une étude spécialisée serait à réaliser, si ce n'est déjà fait, pour savoir si des possibilités existent, et lesquelles.

Restent également les deux sources à la mode, antiéconomiques dans nos pays mais propulsées par des subventions frisant l'escroquerie aux dépens des clients d'EDF, l'éolien et le photovoltaïque. L'éolien n'a pas sa place dans le paysage du PNRL, de même qu'aujourd'hui le photovoltaïque "industriel". Quand ce dernier sera plus au point et sera devenu plus compétitif, il faudra se reposer la question et sans doute faire une étude des sites envisageables, mais cela n'est pas pour demain. Ce qui est urgent, c'est de lutter contre les projets qu'on verra fleurir à cause de l'effet d'aubaine pour les sociétés spécialisées, pour les collectivités (taxe professionnelle), et pour les propriétaires (location de terrains à un prix sans commune mesure avec celui des baux ruraux). L'éolien individuel présente un certain intérêt s'il n'est pas subventionné, avec les mêmes inconvénients à résoudre que pour les capteurs solaires thermiques. Quant au photovoltaïque individuel, outrageusement subventionné, il n'a pas de place raisonnable, mais il n'est guère possible de s'opposer à la doctrine officielle, et on peut seulement veiller à ce qu'il ne dénature ni le paysage, ni le patrimoine, si c'est possible.



Si, sur le territoire du Parc, on réussissait une action exemplaire sur les économies d'énergie, une action exemplaire dans les domaines de la biomasse, du solaire thermique, et peut être de la géothermie, ce serait merveilleux. Il ne faut pas vouloir tout faire partout, et nous avons vu que les travaux à réaliser dans ces seuls domaines, sont suffisants pour mobiliser la totalité des moyens disponibles.

## Les bons élèves des énergies renouvelables



Les médias ne manquent jamais une occasion de nous ressasser que la France est le mauvais élève des énergies renouvelables en Europe et, comme le fait remarquer un correspondant que nous citons par ailleurs, rien n'est épargné de ce qui peut nous culpabiliser. Nous serions très en retard sur nos voisins, Allemagne, Danemark et bien d'autres, qui seraient, eux, les bons élèves. Nos dirigeants, très impressionnés par ces critiques et leur effet sur l'opinion, décident n'importe quoi pour montrer que nous travaillons à rattraper un retard aussi honteux !

Qu'en est-il en réalité, et comment par exemple nous comparons-nous à l'excellent élève qu'est l'Allemagne ?

L'Allemagne a consommé en 2004, 348 Mtep (millions de tonnes équivalent pétrole) d'énergie primaire, la France 275 Mtep. Cela représente 4,21 tep par habitant pour l'Allemagne, un peu moins que pour la France (4,53 tep) et nettement moins que pour l'Islande (11,7 tep), le Canada (8,35 tep), les USA (7,91 tep), la Norvège (6 tep), l'Arabie Saoudite (5,7 tep), qui sont les pays les plus consommateurs par habitant.

L'Allemagne a rejeté dans l'atmosphère, toujours en 2004, 849 Mt (millions de tonnes) de CO<sub>2</sub>, la France 387 Mt. Avec cette quantité, l'Allemagne vient au 6ème rang des pays qui émettent le plus de CO<sub>2</sub> par habitant (10,3 t), après les USA (19,7 t), l'Australie (17,5 t), le Canada (17,2 t), l'Arabie Saoudite (13,6 t) et la Russie (10,5t). La France avec 6,22 t vient au 14ème rang, le dernier et le plus vertueux des grands pays développés. Inattendu !

Poursuivons notre recherche. Les 438 Mtep d'énergie primaire consommés en Allemagne comportent 15 Mtep d'énergies renouvelables (4,3 % du total). En France, les 275 Mtep comprennent 23 Mtep d'énergies renouvelables (8,6 % du total, soit le double de l'Allemagne). De plus en plus inattendu !

L'explication est simple. En France et en 2004, 12,5 % de l'électricité étaient produits par des énergies renouvelables (11,3 % hydraulique, 1,2 % autres) alors qu'en Allemagne, c'était seulement 11,3 % (4,5 % hydraulique, 6,8 % autres dont beaucoup d'éolien). Cela n'explique pas tout, il existe des consommations d'énergies renouvelables ailleurs que dans la production d'électricité, mais c'est la cause principale. On nous dira que c'est là que réside la supériorité de l'Allemagne car l'éolien est censé se développer beaucoup plus que l'hydraulique. Les chiffres montrent que ce serait au mieux une supériorité

potentielle, mais en plus ce n'est pas vrai. Compte tenu de ses multiples faiblesses, la moindre n'étant pas les variations brutales de production au gré du vent, qui font de l'électricité éolienne une énergie très difficile à utiliser (alors que l'hydraulique présente au contraire une très grande souplesse qui permet par exemple de remédier aux caprices de l'éolien), faiblesses que ses défenseurs refusent de reconnaître mais qui sont bien réelles, l'éolien ne pourra jamais constituer qu'un faible appoint à la production d'électricité. Pour l'instant, il reste qu'en 2004, la proportion d'énergie renouvelable par rapport à la totalité de l'énergie primaire consommée était double en France de ce qu'elle était en Allemagne.



Mais les énergies renouvelables ne sont pas une fin en elle-même. Elles ne constituent qu'un moyen pour limiter la consommation d'hydrocarbures fossiles et, par-là, la dégradation du climat. A ce point de vue essentiel, comme nous l'avons déjà montré la France est le meilleur élève, non seulement de l'Europe, mais des grands pays développés, avec un rejet de 6,2 t par an et par habitant. Un Allemand en rejette 65 % de plus. Là encore, l'explication est simple. La France produit 78 % de son électricité par

des centrales nucléaires et seulement 5 % à partir de charbon (plus 4 % à partir de gaz naturel et de pétrole) alors que l'Allemagne en produit 50 % à partir de charbon (plus 11,5 % à partir de gaz et de pétrole).

On pourrait faire les mêmes comparaisons avec les autres pays développés. Le Danemark par exemple, autre bon élève reconnu pour son équipement record en éolien, qui fournit 25 % de sa production d'électricité (mais probablement beaucoup moins de sa consommation car il semble que le Danemark importe de Suède des quantités importantes d'électricité de centrales à charbon ou nucléaires) a rejeté en 2004, 7,9 t de CO<sub>2</sub> par habitant, soit 27 % de plus que la France, alors que sa consommation d'énergie primaire est de 18 % inférieure.

Pourquoi ces pays, en particulier l'Allemagne, acceptent-ils d'être aussi dangereux pour l'avenir de l'humanité ? Simplement parce qu'ils refusent l'énergie nucléaire, refus tout relatif d'ailleurs puisque l'Allemagne produit 27 % de son électricité dans des centrales nucléaires (beaucoup plus que par des éoliennes), et achète à la France quand elle en a besoin des KWh d'origine nucléaire. Nous voyons à ce refus deux raisons que nous voulons considérer comme indépendantes.

La première est liée au mouvement écologiste allemand, particulièrement important, particulièrement virulent, particulièrement influent, car disposant apparemment de moyens considérables. Il a réussi à convaincre les médias, l'opinion publique et une bonne partie des dirigeants politiques en Allemagne et dans toute l'Europe de la dangerosité et de l'inutilité de l'énergie nucléaire, cela au mépris de la vérité qui est que les centrales nucléaires sont indispensables à l'avenir de l'humanité et qu'elles sont bien moins dangereuses que d'autres, en particulier les centrales à charbon.

La seconde raison est que l'Allemagne, avec la Pologne, dispose des plus importantes réserves de charbon d'Europe, charbon dont une bonne partie est de mauvaise qualité,

constituée par exemple de lignites, et ne peut guère être utilisée que pour faire de l'électricité. Les producteurs constituent un puissant et riche lobby qui sait que son seul concurrent dangereux est l'énergie nucléaire, capable de le remplacer en totalité et à un coût bien moindre. Les énergies renouvelables à la mode, l'éolien et, pour longtemps encore (mais sans doute pas toujours) le photovoltaïque, ne peuvent pas l'inquiéter car elles sont beaucoup plus chères et incapables d'une production suffisante. Il fait donc ce qu'il faut pour empêcher le développement du nucléaire, tout en montrant sa fibre écologique par le soutien à l'éolien et au photovoltaïque. Curieuse conjonction entre Verts et industriels particulièrement pollués.

Car, que se passe-t-il pendant ce temps-là ? Neuf des trente centrales les plus polluantes d'Europe sont en Allemagne, et elles rejettent en permanence, bien au-delà des frontières, composés acides, produits organiques toxiques et cancérigènes, métaux lourds, sans compter le fameux CO<sub>2</sub>. Mais l'opinion, dûment conditionnée, l'ignore. Ces centrales à charbon allemandes sont anciennes et libèrent au moins 250g de CO<sub>2</sub> par kWh électrique produit. Pour pérenniser le business, il faudra les remplacer par des centrales modernes qui ne libèreront "que" 170 g de CO<sub>2</sub> par kWh, ce qui permettra de baisser de 40 % le rejet de CO<sub>2</sub> à production identique. Mme Merkel a pu annoncer à Bali, sans que les médias précisent s'il s'agit d'émissions totales ou de celles liées à l'électricité, que l'Allemagne s'engage à diminuer de 40 % ses émissions de CO<sub>2</sub>. Cela sera encore plus facile si le lobby des producteurs de charbon allemands réussit, comme il s'y efforce actuellement, à faire sortir des quotas de CO<sub>2</sub> autorisés les émissions des nouvelles centrales sous prétexte qu'elles sont moins polluantes que les anciennes.

Nous, Français, n'avons donc, ni à être culpabilisés, ni à accepter d'être considérés comme de mauvais élèves. La vérité est exactement l'inverse. Cela ne veut pas dire que tout est parfait et que nous pouvons nous endormir sur nos lauriers. Nous rejetons tout de même plus de 6 t de CO<sub>2</sub> par an et par habitant, ce qui est beaucoup trop pour le climat, comme sont déjà trop les 3,6 t de la Chine et sans doute les 1,7 t du Brésil. Nous devons donc accentuer nos efforts pour faire beaucoup mieux. C'est notre devoir dans notre intérêt et celui de l'humanité. Nous pourrions ainsi servir de modèle et plus prosaïquement bénéficier de la vente de nos techniques à tous ceux que nos performances intéresseront.



*Toutes les données chiffrées utilisées dans cet article sont tirées de l'ouvrage de Bernard Durand : "Energie et Environnement. Les risques et les enjeux d'une crise annoncée", publié par EDP Sciences sous l'égide de l'Université Joseph Fourier, BP 53, 38041 GRENOBLE cedex*

## Electronucléaire: L'Europe a-t-elle un avenir dans le monde?

429 réacteurs nucléaires produisent aujourd'hui de l'électricité dans le monde et 104 sont en construction ou en projet. C'est dire que l'électronucléaire est un fait qu'il n'est plus possible de refuser

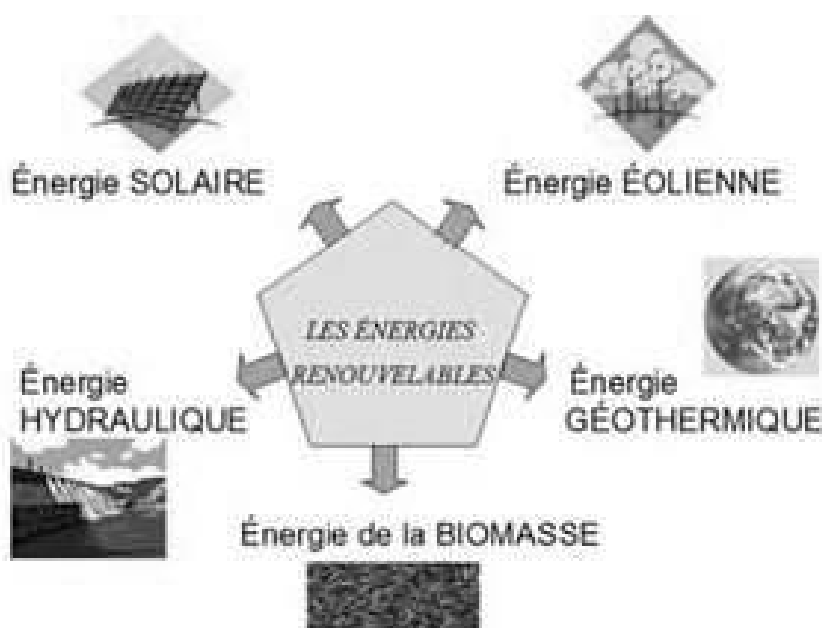
Les réacteurs existants se situent :		Les réacteurs en construction ou en projet se situent, eux :	
En Europe de l'Ouest	129 (dont 58 en France)	En Chine et en Inde	37
En Amérique du Nord (USA et Canada)	121	Au Japon, Corée du Sud, Taiwan	23
En Asie développée (Japon, Corée du Sud, Taiwan)	81	En Russie, Ukraine et Europe de l'Est	20
En Russie, Ukraine et Europe de l'Est	66	Aux USA et au Canada	11
En Asie en fort Développement (Chine et Inde)	28	Dans le reste de l'Asie	10 (dont 1 en Corée du Nord et 3 en Iran)
Dans le reste du monde	2	En Europe de l'Ouest et Afrique	3 (dont 1 en France, 1 en Finlande et 1 en Afrique du Sud)

Les localisations sont assez représentatives du choix d'avenir (ou de l'impuissance à en faire un) décidé par les différentes régions du monde. Il est clair, en ce qui nous concerne, que sauf réaction rapide encore possible, l'Europe de l'Ouest a fait le choix du sous-développement. Ce choix est d'autant plus méritoire ou absurde, selon l'opinion qu'on en a, qu'il n'empêche pas le développement de l'électronucléaire dans le monde.

Si ce développement est aussi important, c'est que l'électronucléaire est indispensable au maintien d'un degré de civilisation acceptable pour l'humanité dans un, deux, trois siècles et au-delà. En effet, il faut réduire d'abord, puis supprimer à terme, sans attendre une pénurie de ressources, les émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation des hydrocarbures fossiles dont la consommation totale réchaufferait la terre dans des proportions que l'humanité ne pourrait sans doute pas, supporter sans disparaître. Or, ces hydrocarbures fossiles constituent actuellement 77 % de l'énergie primaire consommée dans le monde, énergie qui augmente d'environ 2 % par an. C'est dire que le problème n'est pas simple et qu'il faut à la fois faire des économies d'énergie, ce qui est techniquement possible dans les pays riches, mais bien difficile à accepter, et remplacer dans la consommation résiduelle, qui sera tout de même énorme, les hydrocarbures fossiles par autre chose.

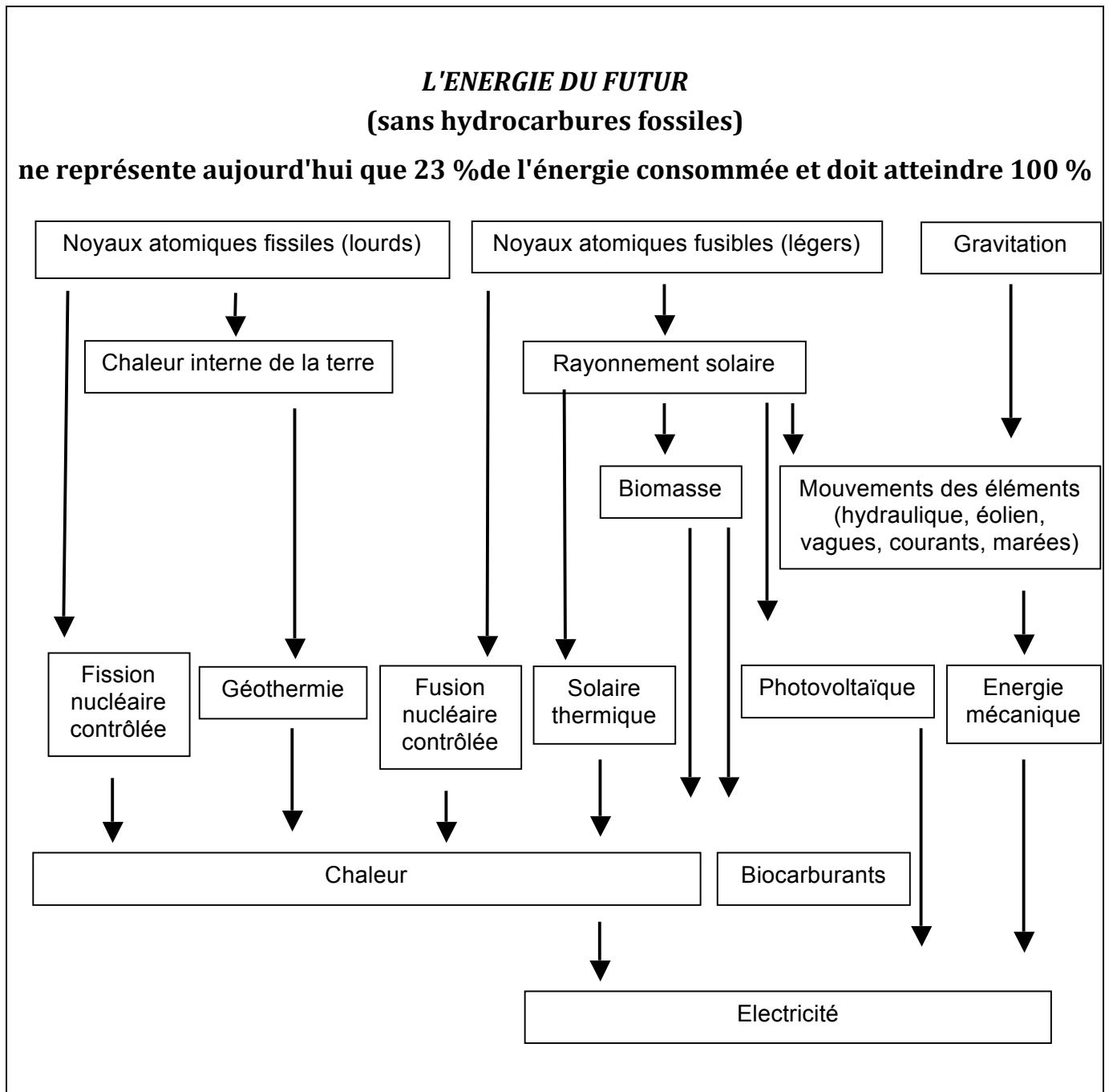
Les hydrocarbures fossiles présentent deux caractéristiques qui sont à l'origine de leur succès et qu'on ne retrouve pas dans les autres vecteurs d'énergie. Ils constituent une source extrêmement concentrée, et ils se stockent et se transportent facilement, ce qui permet de les utiliser à l'endroit et au moment où l'on en a besoin.

En fait, nous utilisons l'énergie sous forme mécanique (qui ne se stocke pas, ni ne se transporte), sous forme thermique (qui se stocke mal et se transporte difficilement) et sous forme électrique qui permet de repasser facilement aux deux formes précédentes. Cette énergie électrique se transporte sans trop de difficultés mais se stocke assez difficilement, ce qu'on peut raisonnablement espérer améliorer dans un avenir pas trop lointain. On peut donc penser que le remplacement des hydrocarbures fossiles se fera, partie par des économies d'énergie, partie par des techniques améliorées de mise en œuvre de la chaleur (et surtout de son transport), partie par développement considérable de la production et de l'utilisation de l'énergie électrique. Pour être exhaustif, il faut également citer la biomasse dont les hydrocarbures fossiles sont un concentré et qui, comme eux, peut être stockée et transportée, beaucoup moins facilement cependant car elle est beaucoup moins concentrée. La biomasse aura donc sa place mais sa disponibilité pose problème, et cette place ne pourra pas être très importante.





Le schéma ci-dessous répertorie, de façon synthétique, les différentes filières par lesquelles nous récupérons l'énergie à partir des deux uniques sources ultimes que sont la radioactivité et la gravitation:



L'examen de ces différentes filières a été réalisé par ailleurs et nous n'en reprendrons que les conclusions:

- La production d'électricité par procédé photovoltaïque a un potentiel d'avenir important mais la technique actuelle est encore très insuffisante.
- La biomasse (et les biocarburants qui en sont dérivés) voit son potentiel malheureusement limité par sa disponibilité. L'essentiel devra en être consacré à nourrir l'humanité, la plus grande partie du reste étant employée comme source de matière et non d'énergie.
- Le solaire thermique a un potentiel limité à la fourniture de chaleur, sauf centrales à concentration qui pourront fournir un peu d'énergie électrique. Il en est de même de la géothermie.

— L'hydraulique a été bien exploitée et ne peut pas espérer changer d'échelle pour produire des quantités beaucoup plus importante d'électricité. L'éolien nécessiterait des surfaces énormes et souffre de multiples inconvénients et limitations qui rendent son intérêt essentiellement médiatique. L'énergie des mers a un potentiel intéressant mais inconnu et qu'on ne sait pas encore exploiter.

En fin de compte, et pour changer d'échelle dans la production d'électricité, il ne reste que l'électronucléaire. La maîtrise de la fusion n'est pas au point. Il n'est pas certain qu'elle soit réalisable et si elle l'est, ce ne sera pas avant un siècle ou plus. Nous avons vu que la fission, elle, a déjà une existence industrielle importante et qu'elle est actuellement l'objet d'un fort développement.

Bien sûr comme toute activité humaine, l'industrie électronucléaire de fission soulève bien des problèmes, que nous pouvons résumer ainsi:

- Utilisation actuellement très insuffisante de la matière fissile dont 1 % seulement est effectivement employé, ce qui entraîne une disponibilité limitée de la ressource;
- Production de déchets dangereux à très longue durée de vie;
- Risque d'accident majeur;
- Risque de prolifération, militaire ou terroriste;
- Rendement déplorable de la production d'électricité par voie thermique (33 % à 45 %);
- Opposition déterminée et particulièrement audible d'une partie de la population des pays riches

Cependant, ces problèmes, y compris peut-être le dernier, peuvent être résolus ou au moins ramenés à un niveau tout à fait acceptable, quand ils ne le sont pas déjà, en comparaison avec les autres activités humaines.

Les deux premiers, qui sont des problèmes importants et liés, sont l'objet de travaux dans divers pays, dont la France, dans le cadre d'un programme international initié en 2001 à l'initiative des USA. Ces recherches ont de fortes chances de permettre, en quatre étapes en partie successives, en partie simultanées, de résoudre pour plusieurs millénaires l'approvisionnement en matière fissile et de ramener à un petit minimum le volume des déchets dangereux. Il faut voir d'ailleurs que ces déchets, même ceux actuels, sont beaucoup mieux circonscrits et contrôlés que les gaz à effet de serre dont le danger pour l'humanité est pourtant bien plus important et bien plus certain.

Le risque d'accident majeur existe indiscutablement même si l'expérience déjà accumulée a montré que son occurrence est faible. Il ne pourra jamais être nul malgré les améliorations permanentes visant à le rendre de plus en plus rare. On doit constater également que les conséquences du seul accident très grave sont restées limitées, même si on les estime encore bien trop importantes. On peut par exemple les mettre en parallèle avec les 6000 morts par an que le gouvernement chinois avoue dans les mines de charbon (les observateurs internationaux pensent que c'est plutôt le triple) pour constater objectivement que l'industrie nucléaire est sensiblement moins dangereuse que d'autres.

La prolifération n'est plus un risque mais un fait confirmé par l'existence de 429 réacteurs répartis dans le monde, et surtout de 104 en construction ou en projet. La question n'est donc plus de l'éviter mais de la contrôler. Là encore, il faut la mettre en parallèle avec d'autres dangers aussi graves, peut-être plus faciles à mettre en œuvre et plus difficiles à contrôler, que font courir à l'humanité des Etats ou des groupes terroristes disposant d'"armes de destruction massive" non nucléaires.

Quant au mauvais rendement, thermodynamiquement inévitable, de la transformation de la chaleur en électricité, qui n'est pas pire pour les centrales nucléaires que pour celles à combustibles fossiles, on ne peut que le compenser en récupérant l'essentiel de la chaleur perdue soit à basse température (chauffage de serres, etc ... ), soit en relevant cette température par des pompes à chaleur et en la transportant par des réseaux de chaleur comme il existe des réseaux de gaz ou d'électricité.

L'opposition d'une partie de la population des pays riches a complètement échoué à empêcher le développement de l'énergie nucléaire. Si elle se poursuit, elle continuera à échouer car on ne voit pas bien comment ses prophètes iront prêcher efficacement en Chine. Elle a par contre réussi, en imposant ses idées de politique énergétique à l'Europe de l'Ouest, à mettre en place les conditions de régression de ce continent dans le monde futur C'est vrai aussi en France où une bonne partie de l'avance que nous avons a été sacrifiée dans des conditions inexcusables Il est plus que temps que les antinucléaires prennent une conscience rationnelle plutôt que passionnelle des réalités du monde, que les politiques et les médias fassent preuve de plus de discernement et de courage. L'avenir de l'Europe et de ses peuples est en jeu, l'avenir de l'humanité peut être aussi.

**Septembre 2007**

### **Quel avenir pour l'énergie éolienne dans le Parc du Luberon ?**



Nous sommes souvent questionnés par nos adhérents au sujet de l'avenir des "fermes d'éoliennes" dans notre région et ailleurs. Nombre d'entre eux sont favorables au développement de l'éolien, pourvu que ce ne soit pas visible de chez eux.

La nouvelle Charte du Parc mentionne l'éolien dans son objectif B 2-11, en prévoyant *"la réalisation de schémas d'aménagement éolien dans les intercommunalités volontaires du Parc afin de définir des zones propices à*

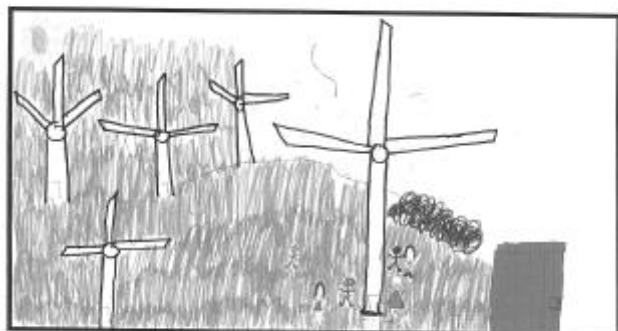
*l'installation de parcs éoliens en accord avec la doctrine du grand éolien annexée".* C'est peu, c'est dire que le travail n'est pas très avancé mais qu'il peut s'intensifier sous la pression de l'Etat, des lobbies et peut-être des communes pour lesquelles l'éolien est une manne, aux dépens des clients d'EDF. En réalité, il semble que le Parc, qui a déjà

beaucoup travaillé sur le sujet, ait surtout constaté que la quasi-totalité de sa surface était impropre à l'implantation d'éoliennes.

Il est vrai que l'éolien a, en apparence, tout pour plaire: ne fournit-il pas une énergie gratuite et propre ? Voire. Ses contempteurs mettent en avant certaines particularités moins flatteuses qu'il ne faut peut-être pas toutes prendre au pied de la lettre, mais qui méritent tout de même un examen sérieux:

- Une éolienne d'une puissance nominale de 2 MW est un engin d'une taille telle (environ 140 m de hauteur et 75 m de diamètre du rotor) qu'on ne peut guère envisager des puissances unitaires supérieures. Compte tenu de la durée de fonctionnement efficace dont nous parlerons plus bas, il faudrait 900 000 de ces engins pour produire la quantité d'énergie primaire actuellement consommée par la France. C'est tellement disproportionné par rapport aux possibilités d'implantation et aux capacités d'investissement qu'on est obligé d'admettre que l'éolien ne pourra jamais constituer qu'un apport marginal à la production d'énergie.
- Les éoliennes détruisent la qualité des paysages. C'est indiscutable dans le cas de certains paysages, dont la plupart des nôtres, mais ça n'est probablement pas exact partout. Des éoliennes à la Défense seraient sans doute esthétiquement tout à fait acceptables... Pourquoi n'y en met-on pas ? Il faut ajouter que les travaux nécessaires à leur implantation (routes, réseaux électriques) ne sont pas neutres pour la qualité des sites.
- Les éoliennes entraînent pour les voisins des bruits et d'autres gênes qui peuvent être insupportables. C'est vrai si elles sont proches mais ces inconvénients diminuent avec la distance, ce qui accessoirement limite sérieusement les possibilités d'implantation.
- Le risque d'accident n'est pas négligeable et plusieurs éoliennes ont déjà perdu leurs pales, dont certaines se sont comportées comme des marteaux aux Jeux Olympiques, mais des marteaux de deux tonnes.
- Les éoliennes sont destructrices d'oiseaux et de chauves-souris au point de mettre en danger la biodiversité dans la région où elles sont implantées, voire beaucoup plus loin si elles le sont sur un couloir de migration.
- Les éoliennes sont des générateurs électriques intermittents, à puissance variable et imprévisible, comme le vent, ce qui serait en réalité leur plus gros inconvénient. Comme on ne sait pas bien stocker des quantités importantes d'énergie électrique, pour pouvoir satisfaire la consommation, cela oblige à mettre en réserve, c'est-à-dire en fonctionnement à bas régime, des centrales capables de parer immédiatement aux à-coups de production, centrales dont la souplesse et la rapidité de réaction nécessaire impose qu'elles soient à combustibles fossiles. De plus, le vent ne permettant le fonctionnement des éoliennes qu'au mieux 35 % du temps, ces centrales devront finalement produire deux fois plus que les éoliennes. Cela n'est pas tout à fait exact, le relais pouvant être pris en partie par d'autres centrales, nucléaires par exemple. Néanmoins, il faut prévoir pour chaque mégawatt éolien un investissement supplémentaire pour un mégawatt de réserve. Malgré ces précautions, et si les interconnexions de réseaux sont insuffisantes ou pas parfaitement utilisées, on risque la disjonction en cascade de tout le réseau. C'est déjà arrivé en 2006 lors d'une panne mémorable au cours de laquelle une

bonne partie de l'Europe a été privée de courant pendant 45 minutes à 2 heures à la suite d'un caprice du merveilleux réseau éolien d'Allemagne du Nord. Enfin, à cause des fameux 35 %, l'investissement très cher (1,3 à 1,5 millions d'Euros par MW installé) doit être multiplié par trois si on le rapporte non pas à la puissance mais à l'énergie effectivement produite. Et cela sans compter l'investissement des centrales de réserve.



Puis ils nous ont emmenés voir de près les éoliennes.

Ce raisonnement des anti-éoliens est basé sur l'estimation que les éoliennes ne pouvant fonctionner qu'au plus 35 % du temps, leur production d'énergie ne sera au maximum que de 35 % de ce que laisse espérer la puissance installée. Qu'en pensent les pro-éoliens ? L'Observatoire des Energies Renouvelables (146 Rue de l'Université, 75007 Paris) est un organisme au statut non précisé,

dont l'objectif semble être la promotion des énergies dites renouvelables dans le monde, dans l'Union Européenne et en particulier en France. Parmi ses nombreuses publications, il recense chaque année la puissance installée et la production effective de l'éolien dans chacun des pays de l'Union Européenne. Il ne calcule pas, ce qui est pourtant facile à partir de ces données, le taux d'efficacité, c'est-à-dire le rapport entre la quantité d'énergie effectivement produite et celle que permet théoriquement de produire la puissance installée. Nous l'avons fait pour lui et, à notre surprise, nous avons constaté que les anti-éoliens, avec leurs 35 %, sont en réalité beaucoup trop favorables à l'éolien. Les valeurs tirées des données réelles sont pour l'ensemble de l'Union Européenne de 19,3 % en 2006, 19,5 % en 2005, 19,7 % en 2002. La tendance ne semble pas positive. En 2006 par exemple, et en ne prenant pas en compte les pays où le parc éolien est trop petit, le taux d'efficacité s'échelonne de 23,6 % pour l'Espagne et la Grèce à 15,4 % pour la France, le très important parc allemand atteignant 16,8 %. Ce n'est donc pas le double de la production éolienne qui doit être assuré par les centrales en réserve, mais le quadruple et l'investissement annoncé ne doit pas être multiplié par trois mais par cinq pour donner une vision réaliste de la question.

En conclusion, nous dirons que si la plupart des inconvénients annoncés sont bien réels, il faut les accepter tout en les encadrant pour les rendre supportables, dans la mesure où l'on peut prouver que l'intérêt énergétique de l'éolien est suffisant. Cela permettra de récupérer une petite fraction de l'énergie nécessaire car il ne peut s'agir que d'une technique d'appoint.

Cependant, les promoteurs de l'éolien n'ont jamais prouvé l'intérêt réel de cette technique par la présentation d'un écobilan exhaustif prenant en compte l'énergie produite mais aussi celle dépensée pour construire et installer les éoliennes et leurs raccordements, les dispositifs de réserve et d'interconnexion obligatoires, ainsi que l'énergie consommée par l'exploitation, la maintenance et le démantèlement de tout cet ensemble, prenant en compte également les dégradations infligées à la nature.

Aujourd'hui un tel bilan n'existe pas et on ne sait donc pas si l'éolien est une bonne ou une mauvaise idée. La seule certitude est qu'il est une excellente affaire pour ses acteurs grâce à l'obligation faite par l'Etat à EDF de leur acheter toute l'énergie qu'ils produisent, à un prix anormalement élevé. Il a été indiqué dans un récent article du Point que cela permettait une rentabilité annuelle sur fonds propres investis de 45 %, garantie sur 15 ans. Nous n'avons pas vérifié le calcul dans le détail mais le résultat nous semble tout à fait vraisemblable. Rappelons que ce sont les clients d'EDF qui paient par le biais de la "*contribution au service public de l'électricité*" qui représente environ 5 % de leur facture.

A côtés de ces incertitudes et de ces certitudes, il existe un domaine beaucoup moins exploité par les médias mais qui nous semble digne d'un examen par chacun. C'est celui des petites éoliennes individuelles permettant de fabriquer une partie de son énergie pour sa consommation propre, pas pour la revendre à EDF. Il commence à exister des modèles à axe vertical qui pourraient être intéressants dans quelques années.



## **Climat et énergie: ne pas se tromper de cible !**

### **Les deux défis proposés à l'humanité.**

Après bien des atermoiements, le monde a fini par admettre qu'il se trouve confronté à deux problèmes vitaux: le changement climatique et l'épuisement des ressources en hydrocarbures fossiles (HCF), charbon, pétrole, gaz.

Le changement climatique entraîné par le rejet à l'atmosphère de gaz à effet de serre (GES) est le plus grave car il y va peut-être de la survie de l'humanité et certainement de celle de notre civilisation. Il est actuellement hors contrôle et il est indispensable d'en retrouver la maîtrise en même temps que d'anticiper et d'organiser les conséquences des dérèglements déjà engagés et de ceux qu'il sera impossible de ne pas engager pendant le temps nécessaire à reprendre la situation en main.

L'épuisement des ressources en HCF dans un délai d'un à deux siècles et la probable raréfaction du pétrole à partir de 2020-2040 n'ont pas de raisons objectives d'entraîner des conséquences aussi définitives, l'humanité ayant déjà vécu sans HCF, dans des conditions de nombre et de standard de vie très différents des nôtres, il est vrai. Mais ce qui est encore trop peu connu, c'est que nous ne pouvons pas envisager d'épuiser ces ressources sous peine de modifier le climat de façon insupportable, dans un délai de 150 ans au maximum. L'évolution du climat est en effet strictement liée à la consommation d'HCF dont les réserves, insuffisantes pour perpétuer le mode de vie actuel des pays riches, sont beaucoup trop importantes pour que leur consommation totale ne conduise pas à une apocalypse climatique. Apocalypse non pas pour la terre mais pour l'humanité.

### **Le changement climatique d'origine humaine ne dépend que de la consommation d'HCF.**

Le climat n'évolue que très lentement de façon naturelle, au gré des phénomènes astronomiques et de l'activité volcanique et tectonique terrestre. Le développement de l'humanité depuis le Néolithique s'est réalisé sous un climat voisin du nôtre, auquel notre mode de vie, notre civilisation sont strictement liés. Ils seraient évidemment bouleversés si nous devions revenir à l'époque glaciaire où tout le Nord de l'Europe, y compris l'Angleterre, la moitié de l'Allemagne, les Alpes au sens large, étaient recouverts de plusieurs kilomètres de glace, où le niveau des mers était 150 m plus bas qu'aujourd'hui. Saurions-nous nous adapter ? Et pourtant, la température moyenne à la surface de la terre n'était inférieure que de 5 °C à celle que nous connaissons.

Or, ce climat, relativement stable depuis 10 à 12000 ans, subit actuellement un réchauffement très rapide dû à l'action humaine qui, depuis le début de l'ère industrielle au milieu du XIXème siècle, enrichit l'atmosphère en GES. Ceux-ci sont nombreux (la vapeur d'eau en fait partie) et l'effet de chacun d'entre eux est plus ou moins important. On a pris l'habitude de considérer surtout le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) qui, s'il n'est pas le plus nocif, est de loin le plus important en quantité, ce qui lui confère la plus grande efficacité globale.

Les GES sont produits par la combustion ou la décomposition plus ou moins rapide des matières organiques. Ces transformations n'ont pas d'inconvénient si elles sont réversibles. C'est le cas par exemple de la combustion du bois, ou plus généralement de celle de la biomasse, car le CO<sub>2</sub> produit est rapidement réutilisé par les plantes pour reconstituer par photosynthèse une matière végétale nouvelle. Les échelles de temps des deux phénomènes sont voisines, ce qui conduit à un équilibre dans lequel la quantité de carbone stockée par les plantes sous forme de matière végétale et le taux de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère sont à peu près constants. Le danger apparaît quand les échelles de temps sont très dissemblables, la régénération étant beaucoup plus lente que la combustion. La destruction ou la surexploitation de la forêt primaire entre dans cette catégorie car on "brûle" rapidement, quelques minutes à quelques années, une biomasse qui a mis plusieurs siècles voire un à deux millénaires à se développer et qui ne sera sans doute jamais reconstituée en totalité. Une partie du carbone qu'elle contenait passe donc irréversiblement dans l'atmosphère sous forme de CO<sub>2</sub>.

Beaucoup plus grave, car à une bien plus grande échelle, est l'utilisation des réserves d'HCF. Celles-ci sont également d'origine végétale mais il a fallu des centaines de millions d'années pour en constituer l'énorme stock que nous sommes en train de dilapider en faisant croître la quantité de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère jusqu'à des valeurs dont nous allons voir qu'elles peuvent être très élevées. Or, il n'y a là aucune réversibilité car il est improbable que l'humanité soit encore là dans quelques centaines de millions d'années pour constater une éventuelle reconstitution du stock.

Le changement climatique d'origine humaine n'a donc qu'une cause, l'utilisation massive des HCF, la déforestation restant relativement marginale (bien que néfaste par ailleurs) et limitée dans le temps. La maîtrise du changement climatique ne peut en conséquence être obtenue que par la maîtrise de la consommation des HCF. Aucune autre façon d'aborder le problème n'est pertinente et ne peut être efficace.

### **Le changement climatique est irréversiblement engagé. Comment sauver les meubles ?**

L'effet sur la température moyenne d'une augmentation de la concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> n'est pas immédiat. Il faut entre 100 et 200 ans pour qu'à concentration constante la température se stabilise. Et la concentration n'est actuellement pas constante mais croissante ! Le GIEC (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat mis en place conjointement par l'Organisation Météorologique mondiale et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement) a remis deux ensembles de rapports sur le sujet, l'un en 2001 et l'autre en 2007.

Le monde consomme chaque année, en ce début de XXIème siècle, 11 milliards de tep (tonnes équivalent pétrole) d'énergie primaire dont 77 % d'HCF soit 8,5 milliards de tep, avec un taux de croissance d'environ 2 % par an (doublement en 35 ans). Il n'est pas facile d'évaluer la quantité d'HCF consommée depuis le début du XIXème siècle, mais elle doit se situer vers **300 milliards de tep**. Les réserves exploitables dans les conditions actuellement connues s'élèvent à **3000 milliards de tep**, dont l'essentiel est du charbon. Au rythme actuel de la croissance de la consommation, elles seraient épuisées dans 120 ans environ, le pétrole l'étant bien avant. Les ressources existantes,



qu'on ne saurait pas exploiter actuellement, sont plus importantes. Outre les 2000 milliards de tep supplémentaires d'HCF classiques, on connaît les hydrates de méthane enfouis au fond des océans et le méthane, piégé dans le permafrost dont les quantités, inconnues, sont énormes.

Mais il n'est pas utile aujourd'hui de préciser ces réserves. En effet, le GIEC a constaté que la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, stable jusqu'en 1800 au niveau de 280 ppm, était maintenant de 370 ppm et que la température moyenne avait augmenté de 0,6 °C, sans pour autant être stabilisée. Il estime que la consommation de 1000 milliards de tep d'HCF entraînerait une augmentation de concentration de CO<sub>2</sub> de 230 ppm. Cela nous amènerait à un niveau voisin de 1000 ppm après consommation des 3000 milliards de tep faciles à exploiter. Ces 1000 ppm entraîneraient une élévation de température moyenne de 3 à 9 °C. Quand on pense aux conséquences qu'a entraînées une augmentation de température de 5 °C depuis la dernière glaciation, il est évident que, principe de précaution ou pas, nous ne pouvons pas prendre ce risque.

Il faut donc agir avant d'en arriver là et déjà on voit que, même avec un ralentissement drastique quasi irréalisable qui réduirait la consommation d'HCF à 1000 milliards de tep d'ici 2200 et qui permettrait sans doute de limiter la concentration de CO<sub>2</sub> à 450 ppm, et l'élévation de température entre 2 et 4 °C, on devrait faire face à des adaptations très douloureuses, telles que par exemple la migration de dizaines, voire de centaines, de millions d'hommes dont le territoire serait submergé.

Il en résulte que notre véritable défi n'est pas, comme on l'a cru, l'épuisement des réserves de pétrole mais celui du changement climatique dont l'unique et imparfaite solution consiste en une limitation **drastique et volontaire** de la consommation d'HCF, en réalité beaucoup trop abondants. Il y a trop de pétrole, pourrait-on dire !

### Quelles cibles viser ?



La consommation globale d'énergie du monde n'est pas elle-même un problème. Seule la consommation d'HCF, qui en représente tout de même 77 %, en est un. S'il est possible de maîtriser suffisamment cette consommation d'HCF dans les 50 ans qui viennent, disons par exemple de la diviser par 2 plutôt que de la laisser multiplier par 3 selon sa pente naturelle, il sera possible en poursuivant le même chemin de continuer assez longtemps pour trouver les moyens de s'en passer. Cependant, cette maîtrise n'est pas évidente si l'on veut maintenir un niveau de vie convenable pour une humanité qui croîtra

d'ici 2030-2050 de 6 à 9 milliards d'individus et si l'on veut simultanément diminuer les disparités entre pays riches et pays pauvres. Il faut pour y réussir développer très considérablement les autres sources d'énergie disponibles et réaliser la mutation d'une source à une autre.

La consommation annuelle d'HCF, en France par exemple, s'élève à 120 millions de tep (M tep) dont 49 dans les transports (pétrole à peu près uniquement), 36 dans le résidentiel et le tertiaire (chauffage pour l'essentiel), 29 dans l'industrie et l'agriculture (dont une partie n'est pas énergétique mais matière première à

transformer) et 6 dans la production d'électricité. C'est donc dans les transports et le chauffage qu'il va falloir d'abord faire des économies et remplacer progressivement mais rapidement, l'utilisation des HCF par autre chose. Par quoi ?

Dans les transports, il faut préparer et réaliser le remplacement progressif des carburants pétroliers par d'autres sources, pratiquement un peu de biocarburants dont la disponibilité sera malheureusement limitée, et beaucoup d'énergie électrique qui semble appelée à devenir le "carburant" principal, presque le seul, mais dont le stockage n'est pas encore bien résolu. Un grand espoir médiatique réside dans l'utilisation de l'hydrogène. En réalité, si l'hydrogène est un excellent carburant pour les fusées spatiales, c'est un produit très dangereux dont le stockage est difficile et coûteux, qu'on produit soit à partir d'HCF, ce qui ne résout rien, soit par électrolyse de l'eau. Ce n'est donc qu'une façon de stocker l'électricité et sans doute pas la plus prometteuse, la plus économique et la moins dangereuse. Le maintien d'une importante activité de transport passe donc par la mise au point de batteries efficaces, par une production d'électricité de masse, bien plus importante que l'actuelle, et doit s'accompagner de sérieuses restrictions sur les transports inutilement coûteux en consommation d'HCF.

Dans le chauffage, il faut surtout faire des économies et utiliser au maximum le chauffage solaire, soit dans des bâtiments nouveaux spécialement conçus pour cela, soit dans les anciens, rationnellement adaptés sans chercher une perfection inutilement coûteuse. D'autres possibilités existent telles que la géothermie, qui n'est pas utilisable partout, ou les pompes à chaleur qui permettent d'obtenir 3 ou 4 fois plus d'énergie calorifique que ce qu'elles consomment en électricité. Il faudra surtout dans l'avenir développer, sur le modèle des réseaux électriques ou gaziers, les réseaux de chaleur à partir de la combustion de déchets et de la récupération de la chaleur perdue des centrales électriques thermiques (à combustible ou nucléaires). Dans l'industrie et l'agriculture, de gros progrès ont été faits et d'autres sont possibles en utilisant les recettes évoquées ci-dessus.

Restent la biomasse énergétique et l'électricité. Il ne faut pas se faire trop d'illusions sur la biomasse énergétique car l'essentiel de la biomasse disponible devra nourrir l'humanité et une bonne partie du reste devra être utilisée comme matière première (bois d'œuvre, panneaux de particule, papier, matière de base à la place des HCF pour l'utilisation non énergétique dans l'industrie chimique, la production de matières plastiques, d'élastomères, etc...). Il en restera sûrement un peu pour produire de la chaleur, pour fabriquer des biocarburants mais beaucoup moins qu'on ne croit.

Il faudra donc développer considérablement la production d'électricité, par exemple la multiplier par 4 au niveau mondial d'ici 2040, ce qui constituerait un premier pas significatif dans l'arrêt progressif de la consommation d'HCF. Les techniques de production d'électricité sans GES sont nombreuses mais de potentiel et de stade de développement très différents:

#### Techniques mécaniques:

*Hydraulique, grands barrages:* technique mature, potentiel moyen mais limité par le manque de sites appropriés et les inconvénients environnementaux.

*Hydraulique au fil de l'eau:* technique mature, potentiel limité à la production individuelle là où c'est possible.

*Energies marines (marées, courants, vagues):* les courants et les vagues peuvent avoir un bon potentiel mais en sont au stade de la recherche. Rien de significatif à espérer d'ici 2040.

*Eolien:* technique à un stade de développement avancé mais dont le potentiel est limité par l'énormité des surfaces nécessaires, les inconvénients environnementaux et la mauvaise disponibilité conditionnée par le vent. L'éolien individuel, comme l'hydraulique au fil de l'eau, peut présenter un intérêt.

#### Techniques solaires directes:

*Photovoltaïque:* potentiel probablement très important mais nécessité de beaucoup de recherche et développement pour améliorer des performances encore très insuffisantes.

#### Techniques thermiques:

*Combustion de charbon avec séquestration de CO<sub>2</sub> :* potentiel intéressant à moyen terme mais la technique est au stade de la recherche dont l'aboutissement n'est pas certain.

*Combustion de biomasse:* technique à peu près au point mais potentiel limité dans l'avenir par la disponibilité de la biomasse.

*Centrales solaires à concentration (miroirs):* potentiel moyen mais technique au stade de la recherche.

*Nucléaire:* potentiel très important, nécessitant beaucoup de travaux de recherche et développement complémentaires, mais déjà capable de productions de masse (78 % de la production française avec 58 réacteurs de capacité moyenne assez faible). Refus de son emploi par une partie de la population des pays riches pour des raisons dont l'exposé et la discussion sortent de notre propos.

### Quels leurre éviter ?

La première erreur consiste à vouloir limiter les rejets **globaux** de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, ce qui est généralement visé (protocole de Kyoto par exemple). Seuls comptent les rejets de CO<sub>2</sub> produits par les HCF, les autres sont sans danger. Ce ne sont donc pas les rejets de CO<sub>2</sub> qu'il faut contrôler par des taxes, des quotas, etc... (qui peuvent avoir des effets pervers), mais la **consommation d'HCF**. Ce serait d'ailleurs beaucoup plus facile mais sans doute encore moins consensuel.

La seconde erreur consiste à se focaliser sur un objectif trop limité et à trop court terme de production d'électricité par des voies "renouvelables", par exemple 20 % de l'électricité consommée dans l'Union Européenne d'ici 2010. Il n'est pas certain que ce soit possible et les effets pervers sont multiples. Les Etats rivalisent pour y arriver coûte que coûte (et cela coûte cher !), médiatisation oblige, en utilisant des moyens à potentiel trop limité, non extrapolables après 2010, ou des moyens immatures dont on ne sait pas s'ils aboutiront jamais, le tout imposé à grand coup de subventions. Or, nous avons vu qu'un objectif raisonnable serait de multiplier par 4 d'ici 2040 et de le faire, non pas strictement par des moyens "renouvelables" mais par des moyens n'utilisant pas d'HCF. Les 20 % obtenus à grand frais (s'ils le sont) par des techniques

non ou insuffisamment extrapolables, ne représenteront alors que 5 % de la production. C'est typiquement se tromper d'objectif.

Nous limiterons le survol des erreurs à ne pas commettre à ces deux exemples. D'autres sont possibles, ont été faites ou le seront, faute d'évaluation rationnelle sans a priori et sans passion aveugle, sans précipitation avant de prendre des décisions pertinentes et efficaces.

### **En conclusion.**



Il est impératif de réduire drastiquement et **volontairement** cette consommation par une action politique, car l'économie qui ne s'intéresse qu'à la disponibilité des HCF, pas au climat, ne le fera pas. Cela ne veut pas dire qu'il faut réduire drastiquement la consommation d'énergie en général, mais seulement qu'on doit réaliser des économies importantes mais raisonnables et réussir une mutation difficile vers d'autres sources d'énergie que les HCF.

C'est techniquement possible en se focalisant sur les économies raisonnables et sur les seules sources alternatives suffisamment importantes pour être à l'échelle du sujet. Celles-ci sont à peu près sûrement limitées à l'énergie solaire, à la biomasse et à l'électricité d'origine nucléaire. C'est cela qu'il faut développer et c'est à cela qu'il faut consacrer un effort de recherche et développement très important en évitant de trop se disperser dans des travaux médiatiques mais dont l'aboutissement ne mènera à rien de significatif.

C'est politiquement beaucoup plus incertain tant sont importantes les résistances à baisser la consommation d'HCF dans les pays émergents comme dans les pays riches, tant est passionnée l'opposition au nucléaire d'une fraction particulièrement audible de la population des pays riches. Ces résistances et cette opposition sont compréhensibles et respectables. Il y va de l'avenir et peut-être de la survie de l'humanité.

## Quel espoir fonder sur les biocarburants ?



Certains fondent beaucoup d'espoir sur les biocarburants pour maîtriser la production de gaz à effet de serre (GES) et par-là l'évolution du climat. Cet espoir a entraîné une certaine anarchie dans leur développement qui est subventionné de façon peu cohérente et peu rationnelle. En réalité, les informations disponibles dans ce domaine sont souvent contradictoires, ce qui a amené plusieurs de nos adhérents à nous demander s'il était possible de faire un point sur le sujet. Nous allons essayer.

### Comment se pose le problème ?

Le monde consomme actuellement chaque année 11000 millions de tonnes équivalent pétrole (11000 Mtep) d'énergie primaire dont 8500 sont issus des hydrocarbures fossiles (HCF) qui constituent la quasi unique source de GES nuisibles. 42 % de ces HCF, soit 3600 Mtep, sont utilisés dans les transports, domaine d'activité dans lequel ils sont le plus difficile à remplacer par d'autres sources. Cette consommation est croissante, d'environ 2 % par an (doublement en 35 ans). Ajoutons, pour montrer l'énormité du problème, que la population mondiale est appelée à augmenter d'environ 50% d'ici 2040 et que le niveau de vie de 80 % d'humains pauvres devra lui aussi augmenter.

Cela devrait fournir un potentiel d'avenir gigantesque aux biocarburants que nous appellerons plutôt "carburant d'origine végétale" (COV). Cependant, ce potentiel ne pourra se concrétiser que très partiellement, d'abord parce que leur capacité de production est limitée par les surfaces disponibles, ensuite parce qu'ils présentent des insuffisances que nous préciserons. Nous verrons aussi que certains COV peuvent remplacer, mais seulement de façon marginale et probablement temporaire, les carburants actuels, ce qui intéresse plus l'agriculture que les transports dont ils sont incapables d'assurer l'avenir. Nous verrons également que les produits actuellement envisagés présentent des intérêts très divers, certains d'entre eux n'en ayant aucun et constituant des filières sans avenir auxquelles il est déraisonnable de consacrer du temps et de l'argent, d'autres justifiant au contraire un développement sélectif.

## **Quels sont les COV actuellement connus ou envisagés ?**

Une première catégorie concerne les huiles, principalement de colza, de tournesol, de soja, de palme, qui peuvent être employées brutes dans les moteurs les plus rustiques (tracteurs agricoles) ou sous forme de substituts au gasoil après transestérification, sous forme d'esters méthyliques ou éthyliques d'acides gras. Ces derniers, connus sous le nom d'EMHV ou EEHV, ne sont en général pas utilisés purs mais en mélange avec du gasoil d'origine fossile, sous le nom de diester.

Une seconde catégorie, celle des alcools, est essentiellement représentée par l'éthanol obtenu par fermentation du sucre de canne, de betterave ou d'autres sources telles que le raisin. On peut également produire le sucre à partir de l'amidon des céréales (blé ou maïs) mais on voit déjà que la technique, qui comporte une étape de plus sera moins performante et plus chère. L'éthanol peut être utilisé pur dans des moteurs spécialement adaptés. Il l'est plus souvent sous forme de mélange à 85 % avec de l'essence d'origine fossile dans des moteurs également adaptés ou en mélange à 10 % dans les moteurs habituels. L'éthanol peut être transformé chimiquement, par réaction avec un hydrocarbure l'origine pétrolière, en éthyl-tertio-butyl-éther (ETBE), additif qui confère aux carburants un bon pouvoir antidétonant. Dans cette catégorie, on pourrait également utiliser le méthanol obtenu par distillation du bois ou d'autre biomasse, ou par synthèse à partir de biogaz (pur ou en mélange ou encore sous forme de MTBE).

Une troisième catégorie, probablement à terme la plus intéressante car la plus disponible, aura pour origine les matières organiques les plus diverses, y compris la cellulose, paille, déchets de bois, déchets alimentaires, produits d'agriculture ou de sylviculture variés. On ne saurait actuellement l'exploiter que sur certaines de ces matières qui, par fermentation en absence d'air, donnent du biogaz (méthane) qu'on peut utiliser directement à la place du GPL ou GNL, ou transformer en carburant liquide par un procédé chimique (Fisher Tropsch ou Sasol) dont le rendement n'est pas merveilleux. Des travaux de recherche importants sont en cours pour améliorer la filière ainsi que pour réaliser une transformation enzymatique de la cellulose en carburant liquide, cette dernière voie, qui a de fortes chances d'aboutir, nous semblant la plus prometteuse pour l'avenir.

## **Le rendement énergétique des COV.**

On ne parcourt pas la même distance avec un litre (ou 1 kg) de COV qu'avec la même quantité de carburant pétrolier car l'énergie que peuvent fournir les premiers est toujours plus faible (et variable selon les produits) que celle des seconds. Un kg d'éthanol, par exemple, ne peut délivrer que 70 % de l'énergie que délivre 1 kg d'essence ou de gasoil. Toutes les comparaisons doivent donc être faites non pas à masse ou à volume égal mais à quantité d'énergie égale.

Par ailleurs, pour obtenir un carburant d'origine pétrolière, il faut dépenser de l'énergie pour extraire le brut, le transporter, le raffiner, distribuer le carburant, etc... Cette quantité d'énergie est très faible. Pour obtenir un COV à partir d'un végétal, il va falloir l'extraire, le transformer, le purifier... mais cela demande une dépense d'énergie beaucoup plus importante. Cette énergie sera dans certains cas (l'alcool de betterave presque toujours, par exemple) d'origine fossile, dans d'autres cas d'origine renouvelable (l'alcool de canne pour lequel on peut générer l'énergie nécessaire par

combustion de la bagasse). De plus, si la source est un produit de culture, on va dépenser de l'énergie, souvent encore d'origine fossile, sous forme d'engrais, de phytosanitaires et de travail mécanique, et cela d'autant plus que la culture est plus productiviste. On estime, par exemple, que la production d'une tonne de blé en France demande actuellement 0,5 tep d'énergie fossile.

On appelle consommation intermédiaire la quantité d'énergie qu'il faut dépenser pour obtenir le carburant recherché, et efficacité énergétique R, le rapport entre la quantité d'énergie que ce carburant peut délivrer et la consommation intermédiaire. Une efficacité énergétique de 1 signifie que le carburant ne peut délivrer que l'énergie qu'il a fallu utiliser pour le produire et qu'il est donc sans intérêt. C'est pire si R est inférieur à 1. Si R est égal à 2, cela signifie que le carburant peut fournir 2 fois l'énergie consommée pour le produire, etc...

Les valeurs de R indiquées par les différentes sources sont extrêmement diverses. Si l'énergie contenue dans le carburant est bien connue, l'évaluation de la consommation intermédiaire dépend de multiples facteurs: procédé d'obtention du carburant à partir du végétal, région de production, quantité d'énergie consommée dans la culture selon la région et le climat, qualité du sol, productivité recherchée (engrais et mécanisation). L'énergie humaine n'est jamais prise en compte et certains auteurs ne prennent en compte que la consommation intermédiaire d'origine fossile alors que d'autres prennent la totalité. En bref, chacun peut influencer sur le résultat selon ce qu'il veut prouver. Le tableau ci-dessous indique l'efficacité énergétique donnée pour quelques COV par 5 sources différentes:

<b>EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DE QUELQUES COV</b>					
	<b>Source 1</b>	<b>Source 2</b>	<b>Source 3</b>	<b>Source 4</b>	<b>Source 5</b>
Huile de colza	2,75		2,75	4,5	1,7 – 2,5
Huile de tournesol	3,60		2,65	5,5	
EMHV				3	
Ethanol de canne (Brésil)		8,3			10 - 20
Ethanol de betterave	1,25		1,25		2
Ethanol de blé	1,02		1,02	2	1,05 – 1,33
Ethanol de maïs (USA)		1,4			1,15

Ce tableau ne permet pas de tirer beaucoup de conclusions sérieuses. Il semble cependant que l'éthanol de canne constitue une solution valable. D'ailleurs, le Brésil, qui s'en est fait le champion, utilise depuis au moins un quart de siècle l'éthanol pur ou en mélange à 85 % comme carburant. Il en aurait produit en 2005 17,4 millions de m<sup>3</sup> pour cet usage (environ 10 Mtep). Les autres filières sont beaucoup plus difficiles à juger et ne pourront l'être correctement que sur la base d'études plus approfondies. Leur intérêt dépend probablement des pays et des méthodes de culture utilisées mais il n'est jamais très important. Il semble que les huiles constituent un apport positif tandis que, compte tenu de la dispersion des résultats prévisible, il n'est même pas possible d'assurer que ce soit le cas pour l'éthanol de betterave et encore moins de céréales. Cela n'a pas empêché les USA d'avoir produit en 2005 18,5 millions de m<sup>3</sup> d'éthanol de maïs (environ 10,5 Mtep) en consommant sans doute à peu près la même quantité d'énergie fossile et des quantités d'eau considérables.

## La capacité de production.



Nous avons vu que le monde consommait actuellement 3600 Mtep de carburants d'origine fossile. La France, pour sa part, en consomme 50. Nous avons vu également que l'efficacité en terme de distance parcourue d'un COV est inférieure à celle d'un carburant pétrolier (de 30 % pour l'éthanol à masse identique).

La productivité d'éthanol, par exemple, est au Brésil à partir de canne de 5t/ha soit l'équivalent de 3,5 tep/ha. Celle, à partir du maïs aux USA, est de 3,5 t/ha soit l'équivalent de 2,5 tep/ha. En France, à partir de betterave, on arriverait à 4 tep/ha et à partir de blé à 1,7 tep/ha. Les huiles végétales, elles, se situeraient entre 1 et 1,5 tep/ha selon leur nature et les conditions de culture.

Si donc, on voulait produire 3600 Mtep à partir de canne à sucre dans les conditions du Brésil, il faudrait mobiliser 1000 millions d'hectares (Mha). A partir de betterave, ce serait 900 Mha mais à cause de l'efficacité énergétique et si l'on voulait éviter que la consommation intermédiaire soit d'énergie fossile, il faudrait en réalité 4500 Mha. Ces surfaces sont calculées sur la base de la productivité d'une agriculture très productiviste.

Or, il n'existe dans le monde que 1400 Mha de terres convenablement cultivables dont l'essentiel est consacré à l'agriculture vivrière. On considère bien que 2800 Mha supplémentaires pourraient être cultivés dans des conditions bien plus défavorables mais ils sont en fait mieux adaptés à différentes sortes de sylviculture qu'à l'agriculture proprement dite. La comparaison des surfaces nécessaires à une production importante de COV et de celles effectivement disponibles montre à l'évidence que cette production ne peut être que marginale par rapport aux besoins actuels en carburants. D'ailleurs, le Brésil qui joue à fond la carte de l'éthanol n'en produit que l'équivalent de 10 Mtep soit 0,3 % des besoins mondiaux.

La situation française n'est pas plus favorable. La France consomme annuellement 50 Mtep de carburants pétroliers et dispose de 16 Mha cultivés (sur un territoire de 55 Mh). Pour produire 50 Mtep à partir de betteraves et sans utiliser d'énergie fossile, il faudrait cultiver 62 Mha....

Il faut ajouter trois remarques, lourdes d'incertitudes: l'avenir des surfaces cultivables, l'avenir de l'agriculture productiviste et la compétition entre les différentes cultures. Personne ne sait exactement comment l'évolution du climat va modifier les surfaces utilisables pour la culture. Tous les calculs que nous avons cités ont été faits en tenant compte des rendements obtenus par une agriculture productiviste et les résultats seraient nettement plus défavorables au COV dans le cas d'une agriculture durable. Enfin, les spécialistes ne savent pas comment il sera possible dans 30 ou 40 ans de nourrir correctement 9 milliards d'individus alors qu'aujourd'hui, des 6 milliards existants, 2 souffrent de la faim à des degrés divers. On peut donc penser que la quasi-totalité des surfaces disponibles sera consacrée à des cultures vivrières. S'il reste quelque disponibilité, elle devra être utilisée d'abord



pour produire de la matière, bois d'œuvre, papier, molécules organiques destinées à la production de caoutchouc, de matières plastiques, etc... Que restera-t-il alors pour la biomasse énergie dont les COV ne représentent qu'une partie, et de loin pas celle dont le rendement est le meilleur ?

### **Les inconvénients environnementaux.**

Ils ne sont pas négligeables. La tendance à augmenter les surfaces cultivables conduit à la déforestation et à la réduction accélérée de la biodiversité. C'est le cas, par exemple, en Argentine où le développement dément de la culture du soja prépare une nouvelle crise alimentaire. C'est le cas à Bornéo et Sumatra où se développent les cultures de cocotiers pour l'huile de palme aux dépens de la forêt primaire. La consommation inconsidérée d'une eau de plus en plus rare pour la culture du maïs ou de la canne à sucre en Inde, par exemple, induit des pénuries d'eau potable et la diminution des surfaces cultivables par désertification.

Cela entraîne à son tour des affrontements armés entre pays et entre populations comme on le voit actuellement au Proche-Orient et en Afrique.

A cause de leur constitution chimique, les COV utilisés dans des moteurs pas très bien adaptés sont sensiblement plus polluants que les carburants actuels, contrairement à une croyance très répandue. On ne sait pas bien si on pourra résoudre ce problème avec des moteurs adaptés aussi efficacement qu'il l'est avec les carburants et les moteurs actuels.

Enfin, la production de la plupart des COV que nous avons envisagés entraîne celle de coproduits pas toujours ou pas durablement valorisables qu'il faut ou faudra éliminer.

### **En conclusion.**

Au stade actuel et malgré les nombreuses et importantes incertitudes qui pèsent encore sur le sujet, on peut tirer quelques conclusions:

- Pour des raisons de surface cultivable disponible et d'agriculture durable, les COV actuellement envisagés n'ont aucune possibilité de remplacer autrement que très marginalement les carburants actuels. Ils peuvent donc présenter temporairement un intérêt pour l'agriculture dans les régions surproductrices mais pas pour les transports.
- Cet intérêt est limité par l'efficacité énergétique à certains produits. Il est réel pour l'alcool de canne et probablement à un moindre degré pour des huiles végétales, peut-être aussi pour l'alcool de betterave. Encore dans ces derniers cas, des études complémentaires objectives sont-elles nécessaires pour préciser efficacité énergétique et productivité. Les autres alcools, y compris ceux de céréales (maïs ou blé) ne semblent pas sérieusement envisageables. Leur absence d'avenir devrait interdire les subventions qui leur sont actuellement consenties, aux dépens du développement d'autres filières plus prometteuses.
- L'avenir des COV n'est pas pour autant irrémédiablement compromis. Si la nécessité d'utiliser d'abord la totalité des surfaces cultivables dans d'autres buts interdit de développer les cultures actuelles pour leur production, il reste des surfaces bien plus importantes susceptibles de produire une biomasse plus rustique, dans des conditions sans doute plus durables. Cette biomasse, peu

utilisable actuellement pour autre chose que le chauffage car elle est constituée pour l'essentiel de cellulose, fait l'objet d'études qui ont de grandes chances d'aboutir favorablement pour sa transformation enzymatique en hydrocarbures. Cela permettrait en particulier de limiter, voire de supprimer, dans la culture comme dans la transformation, l'utilisation d'énergie fossile. Cela permettrait surtout de transformer en carburant la totalité de la matière organique de la plante alors qu'actuellement seule une petite partie est utilisée, ce qui explique d'ailleurs la faible efficacité énergétique des solutions actuelles.



On peut raisonnablement penser que les "biocarburants" actuels, à l'exception peut-être de l'alcool de canne, n'ont pas d'avenir mais des COV de seconde génération verront le jour dans un futur pas trop lointain. Mais on ne peut pas espérer qu'ils puissent satisfaire autrement que marginalement, 10 à 20 % peut-être, la demande actuelle et croissante en carburants.

D'ici-là, des opportunités temporaires existeront pour certaines productions agricoles qu'il serait cependant déraisonnable de subventionner au titre des transports. Qu'on le fasse au titre de l'agriculture sort de notre propos.

## **L'homme et l'énergie, une passion..... fatale ?**

***Nous maîtrisons déjà  
l'énergie du vent, des  
marées, du soleil. Mais  
le jour où l'homme  
saura dominer  
l'énergie de l'amour,  
cela sera aussi  
important que l'a été la  
découverte du feu.***

La vie n'est pas possible sans utilisation d'énergie. Les pierres n'en consomment pas. Les plantes ont besoin de l'énergie solaire pour synthétiser leur matière vivante à partir du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et de l'eau atmosphériques, puis pour la maintenir en vie et se reproduire. Elles consomment donc du CO<sub>2</sub>, en rejettent également par la respiration, mais en quantité moindre. Le CO<sub>2</sub> qu'elles stockent sous forme de biomasse sera ensuite libéré dans l'atmosphère par décomposition ou combustion, après leur mort.

Les animaux se procurent l'énergie nécessaire aux mêmes fonctions mais également à leurs mouvements par leur métabolisme qui revient globalement à une combustion d'éléments divers, à l'origine végétaux, et qui rejette toujours du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Cela est bien sûr valable pour l'homme dont la capacité de mise en œuvre d'énergie pour ses actions extérieures est au repos d'environ 100 W et peut atteindre 1 kW au cours d'un bref effort.

Depuis leur origine, et jusqu'à la domestication du feu il y a 400 ou 500 000 ans, les hommes ont dû se contenter de cette puissance, 200 W en moyenne pour agir sur leur environnement et d'abord se procurer leur nourriture. Avec l'emploi du feu, ils ont commencé à utiliser, sous forme de chaleur uniquement, l'énergie d'origine solaire libérée par la combustion du bois et d'autre biomasse. Le CO<sub>2</sub> rejeté dans l'atmosphère ne posait alors aucun problème, d'abord parce que la quantité en était très limitée (on évalue la population de la planète à cette époque à environ un million) et surtout parce qu'il était rapidement réutilisé par les plantes pour produire une biomasse nouvelle. La combustion du bois fournit encore l'essentiel de l'énergie utilisée par certains pays pauvres, mais elle ne représente plus qu'environ 10% de la totalité de l'énergie consommée par l'humanité. La maîtrise du feu a assurément été bénéfique à l'espèce humaine mais on ne peut s'empêcher de constater a posteriori qu'elle a constitué une rupture majeure dans le destin de la planète. Pour la première fois, un animal a pris possession d'une énergie extérieure à lui et acquis ainsi une puissance totalement nouvelle et potentiellement gigantesque par rapport au passé. N'est-ce pas le point de départ de la course à la population et au bien-être dont nous découvrons aujourd'hui les conséquences catastrophiques, faute de l'avoir maîtrisée dès le début ?

La seconde rupture a eu lieu au néolithique, il y a 10 à 12 000 ans. C'est l'émergence de l'agriculture et de l'élevage alors que l'humanité compte environ 5 millions d'individus. Cette fois, les hommes mettent à leur service l'énergie mécanique des animaux et se dotent ainsi d'une nouvelle source de puissance extérieure, générée par

le métabolisme d'autres espèces. Après la chaleur, le mouvement... Il n'y a pas encore péril, il s'agit toujours d'une énergie renouvelable qui ne bouscule pas l'équilibre de l'atmosphère et n'épuise pas les ressources de la planète, mais le mouvement est lancé et bien lancé... et toujours pas maîtrisé.



Tellement lancé que, grâce aux énergies extérieures qu'ils ont su s'adjoindre, les hommes peuvent nourrir, plus ou moins bien, une population évaluée à un gros milliard au milieu du XIXème siècle. C'est alors que se produit la troisième rupture et que se développe brutalement l'utilisation d'une nouvelle source d'énergie extérieure, les hydrocarbures fossiles (HCF), charbon d'abord, puis pétrole, et beaucoup plus tard gaz naturel. Ce nouveau progrès, toujours aussi peu maîtrisé, va permettre à la fois la croissance de l'humanité à un rythme devenu dément (2 milliards en 1930, 3 en 1960, 4 en 1975, 6 en 2000, et les démographes nous annoncent enfin un plafonnement vers 2050 au niveau de neuf milliards !), et la satisfaction de besoins raisonnables ou délirants de cette multitude, ou du moins de sa fraction riche (1 milliard environ). Le fait nouveau cette fois, c'est que l'exploitation des HCF n'est pas un processus renouvelable à une échelle de temps envisageable. Elle épuise les ressources au bénéfice de quelques générations (en 250 ans au maximum) et rejette dans l'atmosphère une quantité gigantesque de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre (GES), sans possibilité de recyclage. Il n'est pas certains que les générations à venir puissent s'adapter ni même survivre.

La consommation annuelle d'énergie primaire de l'humanité est actuellement voisine de 130 milliards de MWh dont environ 80 % provient des HCF. Cela veut dire que chaque homme dispose en moyenne d'une puissance d'origine extérieure de 2,5 kW dont 2 proviennent des HCF c'est-à-dire qu'il utilise, toujours en moyenne et pour la satisfaction de ses besoins propres, une énergie égale à celle de 12 à 15 "esclaves" (dont 10 à 12 proviennent des HCF). En réalité, une grande partie de l'humanité est beaucoup moins favorisée et doit se contenter de 1 à 2 "esclaves", parfois pas du tout. Par contre, un européen de l'Ouest en a 25 ou 30 et un américain du Nord 50 à 60. Toute la question est qu'il va falloir se passer de 80 % de cette "main d'œuvre" et mieux répartir à la surface du globe celle qui restera. Cela donne une idée du changement de niveau de vie qui attend les citoyens des pays riches et montre que la civilisation d'un monde inévitablement privé d'HCF ne sera pas celle que nous connaissons. Constatons encore que ces "esclaves" ne coûtent rien: un litre d'essence se paie en gros, 0,25 € HT et dispense la même énergie que 100 travailleurs humains pendant une journée, ce qui signifie que l'énergie des HCF est, toujours en gros, 4000 fois moins chère que le travail humain. C'est une autre façon d'évaluer la profondeur de l'abîme au fond duquel nous nous écraserons si nous ne savons pas l'aménager et en organiser la descente.

Alors, que faire ? D'abord se préparer d'urgence à une vraie rupture de mode de vie. Se préparer veut dire l'anticiper et l'organiser pour en maîtriser les voies et les conséquences. Faute d'une telle préparation, le choc sera subi sans être compris, ce qui entraînera à la fois des conséquences bien pires et des réactions imprévisibles dans lesquelles l'humanité risque effectivement de disparaître. Ensuite, économiser au maximum l'énergie et trouver des voies de civilisation moins coûteuses à ce point de vue tout en se rendant compte que ces économies, indispensables, ne sont qu'une réponse marginale à l'immensité du problème. Enfin, chercher à remplacer une partie des HCF par des sources d'énergie différentes en sachant là aussi qu'il est sans doute impossible de trouver des solutions permettant d'égaliser les moyens que nous apportent pendant 250 ans la consommation de la totalité du trésor d'énergies fossiles accumulé par la Terre pendant des centaines de millions d'années.

Depuis longtemps, l'homme s'est attaché à utiliser diverses sources d'énergie, souvent renouvelables. Le vent a servi depuis la protohistoire à propulser des bateaux, plus tard à faire tourner des moulins. L'écoulement de l'eau a été utilisé depuis au moins 2000 ans pour actionner également des moulins puis des usines. Même les marées ont été exploitées depuis des siècles par des moulins à marée, ancêtres du barrage de la Rance. L'énergie solaire (d'origine nucléaire donc non renouvelable au sens strict mais sans doute plus pérenne que l'humanité) a toujours été utilisée pour se chauffer, plus tard pour faire croître des plantes cultivées. L'énergie nucléaire naturelle terrestre l'a été depuis au moins l'Antiquité dans les eaux thermales, plus récemment sous le nom de géothermie...

Ces énergies renouvelables ne sont pas des sources de remplacement, ce sont des sources de base, sur lesquelles nous pouvons compter contrairement à la flambée des HCF, mais leur potentiel reste marginal par rapport aux consommations actuelles. C'est à ce potentiel marginal qu'il va falloir nous adapter, en lui ajoutant toutefois celui, sensiblement plus important, de l'énergie nucléaire industrielle. Mais cela restera encore très insuffisant pour permettre le maintien de notre consommation actuelle, voire sa généralisation à l'ensemble de l'humanité. Et puis, sous sa forme d'aujourd'hui, l'énergie nucléaire n'est pas renouvelable et s'épuiserait même rapidement. Heureusement, cela est correctible, au moins à l'échelle des quelques millénaires qui constituent notre horizon.

Finalement et pour conclure, après la domestication du feu, après le développement de l'élevage, après la mise en coupe réglée du stock de HCF, la dernière révolution, qui reste à achever, n'est pas "l'invention" des énergies dites renouvelables, connues depuis longtemps, c'est la maîtrise de l'énergie nucléaire.

## Que penser des énergies renouvelables ?

Développer les énergies dites renouvelables est une excellente chose. Vouloir développer n'importe quelle idée d'énergie renouvelable, sans esprit critique peut faire gaspiller temps, activité et argent pour des voies sans avenir aux dépens d'autres qui, elles, auraient pu être efficaces. Il faut, avant toute décision dans ce domaine, être conscient de ce qui est possible et de ce qui ne l'est pas.



L'énergie, renouvelable ou non, présente des formes diverses, mécanique, calorifique, électrique par exemple. On peut produire de la chaleur en brûlant des combustibles fossiles ou des plaquettes de bois, on peut produire du mouvement en utilisant l'action sur vent sur une voile de bateau ou sur une aile de moulin, etc ... Toutes ces formes sont nécessaires au monde actuel, toutes peuvent être produites par des méthodes renouvelables ou d'autres qui ne le sont pas.

L'identification stricte entre énergies renouvelables et production d'électricité par des techniques autres que l'utilisation de combustibles fossiles ou de phénomènes nucléaires est beaucoup trop restrictive et a déjà conduit à des erreurs de jugement dommageables. Elle dérive du discours des antinucléaires dont l'objet consiste à éviter l'emploi de l'énergie nucléaire pour produire de l'électricité. Ce discours comporte trois points essentiels, de valeur inégale:

**1. Il faut faire des économies d'énergie**, de toutes les énergies, et dans tous les domaines de consommation. C'est totalement justifié et cela peut permettre de diviser par presque 2, sans recul du niveau de vie, l'énergie consommée dans les pays développés. Cela n'empêchera pas cependant la demande mondiale d'énergie utile (par opposition à l'énergie gaspillée) de croître avec le développement des pays autres. Ceux-ci comptent actuellement 5 milliards d'habitants pour un milliard dans les pays développés. Si même on divise par 2 les besoins énergétiques des pays développés, le développement progressif des autres multipliera par 3 la demande mondiale. Si l'on tient compte de l'augmentation prévue de la population, c'est par 5 que la demande sera multipliée. On peut malheureusement ajouter que jusqu'à maintenant, la culture des pays développés n'est pas favorable aux économies d'énergie. Ni la culture individuelle, imprévoyante et individualiste à court terme, ni la culture collective car cela ferait baisser le PIB, donc la sacro-sainte croissance!

**2. Il faut développer toutes les formes d'énergie renouvelable.** Cela n'est plus totalement exact. Il faut en réalité développer les formes qui sont susceptibles d'être efficaces. Certaines formes proposées sont a priori, pour des raisons thermodynamiques globales ou autres, forcément inefficaces, voire contre-productives. Il faut les rejeter et concentrer les efforts sur celles qui peuvent être productives.

Il faut surtout employer à bon escient chaque source disponible et ne pas vouloir à toute force produire de l'électricité avec n'importe laquelle d'entre elles. Certaines sont bien adaptées et efficaces pour produire de la chaleur et très mal ou pas du tout pour produire de l'électricité. Il faut les employer là où elles sont efficaces. Cela justifie une étude générale et une information du public objective, ce qui n'a jamais été fait.

**3. Il faut renoncer au nucléaire.** C'est impossible. Nous avons vu que la demande mondiale d'énergie va encore croître considérablement, essentiellement à cause des pays en développement que nous ne pouvons tout de même pas empêcher de se développer. L'examen objectif des possibilités maximales des énergies renouvelables montre que leur apport ne peut constituer qu'une fraction des besoins. Les sources d'énergie fossile s'épuisent et de toute façon produisent des gaz à effet de serre dont l'action sur l'évolution du climat est maintenant démontrée. Que reste-t-il sinon le nucléaire? il faut au contraire le développer, en résolvant progressivement, mais aussi vite que possible, les deux problèmes réels qu'il pose: celui de la disponibilité à long terme des matières premières et celui des déchets. On sait que c'est possible et on sait comment faire et par quelles étapes passer. Il faut donc accélérer ce programme en sachant que la fusion (ITER) n'est pas une solution certaine, qu'elle ne résout d'ailleurs pas tout, et-que si elle réussit, ce sera dans plus d'un siècle. Pour faire vite et sûrement, ça n'est donc pas la bonne voie et, bien qu'il ne faille pas le négliger, d'autres sont à considérer en priorité.

*Le Conseil de Luberon Nature  
vous remercie de votre fidélité  
et vous souhaite  
une bonne et heureuse année 2013*

