

## QUELLES ENERGIES POUR L'AVENIR ?<sup>1</sup>

M. BOITEUX

**1.** Pour répondre à la condition d'avoir un avenir – un avenir durable s'entend – une énergie doit répondre à diverses exigences que je regrouperai sous les cinq rubriques suivantes :

1. une énergie durablement abondante,
2. à un prix convenable,
3. dont la disponibilité soit suffisamment assurée,
4. qui ne soit pas trop dangereuse,
5. et qui ménage l'environnement.

**2.** Un premier survol devrait nous permettre de sortir de la liste des énergies candidates celles qui ne répondent pas suffisamment à ces cinq critères.

a) Le charbon tue 15.000 personnes par an (point 4),  
il nourrit l'effet de serre (point 5) :

ÉLIMINÉ

b) Le pétrole laisse entrevoir le « fond de la cuve » (point 1),  
pose des problèmes géopolitiques graves (point 3),  
nourrit gravement l'effet de serre (point 5) :

ÉLIMINÉ

c) Le gaz n'est qu'un peu plus abondant (point 1),  
mais pose aussi des problèmes géopolitiques (point 3),  
et, fuites de méthane aidant, nourrit presque autant l'effet de serre (point 5) :

ÉLIMINÉ

d) L'éolien, capricieux, persiste à être trop coûteux (point 2),  
et son potentiel exploitable n'est pas illimité (point 1) :

un APPUI, pas plus

e) Le solaire, très abondant, est encore très coûteux (point 2),

PLUS TARD sans doute

f) Le nucléaire répond raisonnablement à toutes les exigences, mais les gens n'en veulent pas ;

TANT PIS ?

**3.** De ce rapide examen ressort une conclusion très claire : il n'y a pas de bonne solution. Mais, comme le monde ne peut se passer d'énergie – même si des

---

<sup>1</sup> Paru dans la Revue de l'Energie, n° 579, septembre-Octobre 2007

conduites plus économes lui permettraient certainement de consommer moins – il faut se rabattre sur des mauvaises solutions.

**4. Le charbon** peut-il être rangé parmi les solutions qui, même mauvaises, contribueront quand-même à assouvir la boulimie énergétique de nos descendants ?

Il a le mérite d'être assez abondant (point 1), à un coût convenable (point 2), avec une répartition spatiale qui devrait assurer sa disponibilité (point 3).

Dangereux (point 4) ? Comme le disait naïvement un interlocuteur, il fait certes 15.000 morts par an, mais ce ne sont pas des gens de chez nous ! Simple maladresse d'expression ; après un instant de confusion, il voulait dire que, dans les mines occidentales, les dispositifs de sécurité sont quand-même mieux organisés et respectés.

Reste que la contribution du charbon à l'effet de serre (point 5) est dans la nature des choses : il s'agit de réaliser la réaction chimique  $C+O_2=CO_2$ , laquelle est exothermique, et c'est précisément cette production de chaleur qui est l'objectif, le  $CO_2$  produit étant le déchet. L'émission de gaz carbonique est donc consubstantielle à la combustion du charbon. Mais ce malheureux gaz carbonique, ne peut-on, comme nos ordures, s'en débarrasser proprement au lieu de le laisser se répandre dans l'air ambiant ? Tel est bien le projet aujourd'hui à l'étude : capter le gaz émis, le transporter, et l'enfouir sous terre là – notamment – où se trouvent les couches géologiques poreuses d'où l'on a extrait pétrole ou gaz. Pour quelques millions de  $m^3$ , on devrait y arriver sans trop de risque. Mais avec les milliards de  $m^3$  qu'il y aura à enfouir sous pression au-dessous de nos pieds, nombre de problèmes se posent, de coût et de sécurité. Si réussite il y a, ce ne saurait être avant vingt ou trente ans, et très progressivement.

**5.** C'est essentiellement sous forme de carburant pour les transports que le pétrole est devenu indispensable à nos sociétés motorisées. En effet, on lui trouvera, le moment venu, des substituts pour le chauffage ; c'est plus difficile pour la carburation.

Voilà plus de soixante ans que la fin du pétrole est pour dans trente ans (point 1). Ce trente avait pris l'allure d'une constante universelle avant qu'on finisse par comprendre qu'avoir trente ans de réserves prouvées devant soi était tout simplement une sorte d'optimum économique. Il semble quand-même que les découvertes se raréfient, les très grands gisements en tout cas, et on est fondé aujourd'hui à réfléchir aux substituts possibles. Les bio-carburants ? Ceux de première génération, encore coûteux et à faible rendement énergétique sur leur cycle de vie, requièrent des surfaces agricoles considérables (il faudrait une fois et demi le territoire français pour couvrir la consommation actuelle de carburant de nos compatriotes). Et ils posent un sérieux problème de substitution entre surfaces agricoles à vocation alimentaire et cultures pour bio-carburants, comme c'est déjà le cas au Mexique. Une deuxième génération répondra peut-être mieux à nos attentes. Mais si transition il doit y avoir avant une solution plus définitive, la voiture hybride a alors toutes ses chances. Plus tard, peut-être, la voiture électrique généralisée ?

On ajoutera (point 3) que l'approvisionnement en pétrole soulève des problèmes géopolitiques sérieux. Ces problèmes, on vit avec et cela peut continuer moyennant toutes formes d'habileté, notamment diplomatique. Mais ça peut craquer.

Enfin (point 5), il n'est pas question d'aller récupérer le gaz carbonique à la sortie des cheminées d'immeubles et des tuyaux d'échappement.

Le pétrole pose donc de vrais problèmes pour la deuxième moitié du siècle.

**6. Le gaz** est un peu plus abondant (point 1), pas tellement mieux assuré (point 3), mais n'échappe qu'en partie à l'effet de serre (point 5) : la combustion du gaz naturel – le méthane – produit deux fois moins de gaz carbonique que le charbon, mais il suffit de 4 % de fuite du méthane lui-même, à l'amont, pour que cet avantage disparaisse.

Quoi qu'il en soit, on continuera quand-même, pendant quelques décennies, à utiliser du gaz comme du pétrole, à défaut de pouvoir faire mieux.

**7. L'éolien** reste très coûteux eu égard à sa mauvaise qualité : c'est une forme d'énergie non garantie dont l'installation exige l'édification parallèle de moyens classiques de production sûrs, tels les turbines à gaz. Encombrantes et bruyantes, les éoliennes ne se développent en France qu'en raison des généreuses subventions que procure leur construction. Ce propos critique ne vaut pas condamnation de cette forme d'énergie renouvelable. La question posée est seulement de savoir s'il ne vaudrait pas mieux que l'argent ainsi gaspillé soit consacré, en partie au moins, à faire progresser la recherche sur les matériaux et la régulation de ces engins.

On entend dire parfois que si l'on avait consacré autant d'argent à l'énergie éolienne qu'à l'énergie nucléaire à l'époque, on n'en serait pas là. Grossière erreur de raisonnement. Quand une percée dans la connaissance fondamentale – ce fut le cas pour le nucléaire – ouvre aux ingénieurs un nouveau domaine, encore inexploré, il vaut la peine d'y mettre beaucoup d'argent pour en tirer profit le plus largement et le plus rapidement possible. Sinon, il faut se résoudre à progresser pas à pas, années après années, au rythme du progrès général des techniques et des matériaux, et il ne sert à rien d'y engouffrer des fortunes. C'est le cas pour les éoliennes.

**8.** C'est aussi le cas pour l'énergie solaire, encore que la découverte de la cellule photoélectrique ait quand même représenté à l'époque une innovation scientifique importante. L'énergie solaire, thermique ou photoélectrique, a plus d'avenir, me semble-t-il, que l'énergie éolienne parce que, si l'une et l'autre sont très encombrantes, les éoliennes stérilisent plus ou moins des surfaces importantes alors que les panneaux solaires vont peu à peu recouvrir des toitures dont la surface existe de toute manière.

Mais si l'on parle de progrès technique, le progrès qui révolutionnerait le secteur électrique, et notamment les sous-secteurs éolien et solaire, serait celui du stockage de l'électricité. Le jour où l'on saura stocker l'énergie électrique facilement et pour pas cher, la rentabilité des énergies solaire et éolienne fera un bond. Alors

s'ouvrira enfin l'ère – dont rêvent déjà quelques innocents qui n'ont jamais habité une île non raccordée au continent – l'ère des énergies de proximité, avec la disparition des réseaux et la fin d'EDF. En l'état des recherches – actives – sur les procédés de stockage, on n'en est pas là.

9. Quant au nucléaire – que je ne peux que survoler ici – il passe l'examen des critères avec brio. Critère n° 1 ? On utilise actuellement une variété d'uranium qui représente moins de 1 % de l'uranium extrait. Le passage aux surgénérateurs ou autres réacteurs de 4<sup>ème</sup> génération va permettre de récupérer les tas d'uranium « appauvri » stockés à côté des usines de séparation, et aussi le plutonium extrait du triage systématique des déchets (dit « retraitement »). A plus long terme, on passera au thorium ...

Tout cela (point 2) pour des prix a priori acceptables si l'on en juge par le nucléaire actuel. La disponibilité de l'uranium (point 3) est par ailleurs correctement assurée, ne serait-ce que parce qu'on en trouve un peu partout quand on en cherche – et pas seulement dans les pays protestants (!) où avait porté la recherche pendant la dernière guerre, tout simplement parce les dits pays appartenaient au Commonwealth ... protestant.

Dangereux le nucléaire (point 4) ? Il n'avait jamais tué personne et n'aurait jamais encore tué – ce qui est tout de même remarquable – s'il n'y avait eu Tchernobyl. Ce n'est pas le lieu, ici, de traiter longuement de cet aspect du problème, mais j'avancerai quand même que si l'on n'abuse pas de la règle dite de « linéarité sans seuil » (inventée pour pousser les exploitants à l'extrême prudence, mais pas pour compter des morts), le nombre total de morts imputables à Tchernobyl – et celles-là seulement ! – s'élève à 4000 personnes, nombre porté à 16.000 pour tenir compte d'effets parfaitement improbables de petites doses qui devraient se situer en-dessous du seuil de danger.

Comme Tchernobyl représente la pire catastrophe qui puisse se produire dans une centrale nucléaire, l'enjeu de communication sur le sujet est absolument fondamental. Car 4000 morts, c'est affreux mais c'est accepté socialement sous d'autres formes : un week-end avec pont doit tuer une ou deux fois pas an davantage d'automobilistes sur l'ensemble de l'Europe. En revanche, le nucléaire poserait un problème difficilement surmontable s'il ne s'agissait plus de quelques milliers de morts, mais de 600.000 comme certains l'ont dit (il suffit, pour arriver à cette estimation fantastique, d'abaisser suffisamment le seuil, devenu arbitraire, au-dessus duquel on admet que les doses d'irradiation se cumulent linéairement. On peut même trouver plus : c'est à la demande !).

Et l'environnement (point 5) ? Le nucléaire a le double mérite, à cet égard, de ne pas polluer l'atmosphère, et de prendre très peu de place relativement aux centrales à charbon équivalentes. Ses déchets solides sont triés, comme il est recommandé à tous, et seuls font problème les résidus à vie longue et à forte radioactivité – quelques grammes par an et par famille. Deux questions. La première est d'ordre métaphysique : de quel droit allons-nous laisser à nos descendants lointains ces dangereux sous-produits, même infimes, de notre quête effrénée (et

illusoire) du bonheur matériel ? Et, problème physique, comment faire pour s'en débarrasser ?

A la question métaphysique, on répondra que le Créateur a fait bien pire, en nous laissant négligemment sous les pieds et dans la haute atmosphère d'importantes sources de radioactivité. La boule de plasma ultra-radiante dont est issue la Terre a certes vu sa formidable radioactivité décroître peu à peu avec les millénaires, mais il en reste encore des quantités notables, notamment sous nos pieds dans certaines formations rocheuses. Face à cela, les déchets nucléaires durablement dangereux qui se sont accumulés depuis qu'est né le nucléaire civil, ces déchets représentent à peine un mois et demi de la décroissance naturelle de la radioactivité subsistante de la croûte terrestre. On s'insère donc, et très modestement, dans des phénomènes naturels. Dès lors, le problème n'est plus métaphysique, mais physique : comment faire aussi bien que la Nature ? et mieux si possible ? Il y a déjà longtemps que les ingénieurs ont trouvé une première solution de principe à ce problème, et cette solution, voilà bientôt trente ans qu'on travaille à la conforter et à l'améliorer, et aussi à en trouver d'autres, en vue du jour – encore lointain – où il faudra passer au stockage définitif.

Le sujet du nucléaire est inépuisable, et j'en resterai là. Mais il me semble que, parmi toutes les solutions aux problèmes énergétiques de la planète que je viens d'évoquer et, à défaut de l'existence de bonnes solutions, le nucléaire peut être compté parmi les meilleures des mauvaises solutions auxquelles nous sommes condamnés.