

Association Culturelle Joseph Jacquemotte - analyse

---

# **Progrès technique et évolution de la société (influences réciproques).**

---

**(2<sup>ème</sup> série)**

par  
**Victor Demunck,**

Ingénieur industriel, diplômé complémentaire en science économique (ULg),  
12 ans d'activité en Afrique dont 10 en Algérie.

---

## Gaz naturel.

Le gaz naturel se forme dans le sol de la même façon que le pétrole. Ils sont d'ailleurs souvent associés et, jusqu'il y a peu, le gaz associé était détruit, brûlé dans des torchères, lors de l'extraction du pétrole. Maintenant, le gaz associé est de plus en plus réinjecté dans les puits de pétrole pour y maintenir la pression la plus forte possible. C'est elle qui fait jaillir le pétrole.

Le gaz naturel existe aussi dans des poches sans pétrole. C'est celui qui est de loin le plus exploité. Il est composé en grande partie de méthane, même corps chimique que celui qui est connu chez nous sous le nom de grisou.

C'est la source fossile énergétique la moins polluante. Il ne contient ni produits soufrés ni produits azotés contrairement au charbon et au pétrole. Sa combustion se fait complètement en ne dégageant que de la vapeur d'eau et du gaz carbonique. Et ce contrairement au charbon et aux carburants issus du pétrole qui en brûlant dégagent des gaz de soufre et d'azote irritants et nocifs. De plus, leur combustion ne se fait pas complètement ; la partie incomplètement brûlée qui se dégage, même si elle est faible, ajoute à l'atmosphère sa part de pollution sous forme de poussières.

Le gaz naturel est un gaz très léger qui ne se liquéfie pas aux températures existant naturellement sur terre ce qui explique les difficultés de le transporter à grande distance. Sur terre, il est transporté *sous forme gazeuse* dans des gazoducs. Il l'est aussi par ce moyen quand il s'agit de traverser une mer sur de courtes distances ; c'est le cas pour du gaz naturel algérien transporté au fond de la Méditerranée vers l'Espagne et vers l'Italie, vers ce dernier pays via la Sicile. Idem pour la mer Noire (Russie-Ankara : gazoduc existant), la Caspienne (projets), la Baltique (Russie-Allemagne : projet).

Sur de longues distances et au départ d'une mer *ouverte*, il est transporté par des navires méthaniers après avoir été *liquéfié* à une température d'environ  $-161^{\circ}\text{C}$  à la pression atmosphérique<sup>1</sup>. Un litre de gaz naturel liquéfié (GNL) équivaut à environ 600 litres à l'état gazeux.

Le mode de transport à grande distance par des méthaniers nécessite de très gros investissements car il faut maintenir le GNL à la très basse température de liquéfaction. Dans le pays d'origine, il faut un gazoduc qui amène le gaz jusqu'à une usine de liquéfaction située en bord de mer; cette usine alimente un terminal de stockage et de chargement. Pour le transport du gaz liquéfié, il faut des navires dits 'cryogéniques' spécialement conçus pour ce transport à très basse température. Au pays d'arrivée, il faut un terminal de stockage situé en mer ou au bord de mer et une usine de regazéification. La Belgique fut un précurseur avec son terminal de Zeebrugge construit pour recevoir le gaz naturel liquéfié (GNL) algérien à partir de 1987.

Le transport par méthaniers n'est possible qu'au départ d'une mer ouverte (Océan Pacifique, Océan Atlantique, Méditerranée) vers un pays consommateur (ou redistributeur ou les deux comme l'est la Belgique) ayant lui aussi accès à une mer ouverte.

Les producteurs de gaz situés autour de la mer Caspienne, mer fermée qui n'a aucune liaison directe avec les océans, doivent amener le gaz par gazoducs, sous forme gazeuse, soit jusqu'au pays client, soit jusqu'à une mer ouverte. C'est cette dernière solution, de la mer Caspienne jusqu'à la Méditerranée ou la mer Noire, mers ouvertes (vers un terminal dans un port turc ou géorgien), qui a été choisie par des sociétés pétrolières étatsuniennes pour livrer du gaz de la Caspienne, sans passer par la Russie.

---

<sup>1</sup> Wikipédia. Article : Gaz naturel liquéfié (mis à jour août 2008).

La production de gaz naturel est en plein essor, la consommation aussi. Les deux sont comme les deux faces d'une même pièce de monnaie, un stockage important étant impossible après que le gaz est sorti de terre. Chaque année, il se construit environ 400 centrales électriques à gaz naturel. Les experts prévoient qu'il se vendra plus de 18.000 turbines pour des centrales à gaz dans les dix prochaines années<sup>2</sup>.

### Qu'en est-il des réserves prouvées de gaz naturel?

D'abord un coup d'œil sur les productions. En 2006, le monde a produit 2.865 milliards de mètres cubes (Gigam<sup>3</sup> ou Gm<sup>3</sup>), en hausse de 3% sur la production de 2005<sup>3</sup> elle-même en hausse de 2,5% sur celle de 2004<sup>4</sup>.

Les principaux producteurs en 2006 étaient la Communauté des États Indépendants (CEI), c'est-à-dire les pays de l'ex-Union soviétique moins les trois pays baltes, qui ont produit 28,6 % de la production mondiale (dont 21,3% pour la Russie, surtout en Sibérie occidentale) et l'Amérique du Nord (Etats-Unis et Canada) qui en ont produit 25% (dont 18,5% pour les États-Unis). Ensemble, ils ont **produit** 53,6% de la production mondiale en 2006.

Ils en ont **consommé** 49%. Si on ajoute la consommation européenne, on arrive à près des deux tiers de la consommation globale. Le commerce mondial a porté en 2006 sur 26,1% de la production mondiale, essentiellement par gazoducs (71,8%), le reste par méthaniers.

Il est prévu cependant qu'au cours des vingt prochaines années, la croissance de la consommation devrait être la plus importante au sein des pays en développement.

La répartition des réserves *connues* est très différente de celle de la consommation actuelle. Elles existent en quantités importantes et augmentent au fur et à mesure que les techniques d'exploration se modernisent et que de nouveaux gisements sont découverts<sup>5</sup>. C'est ainsi que, de 1970 à 2005, elles ont été multipliées par 4,6 d'après l'Union internationale de l'industrie gazière<sup>6</sup>. Elles peuvent couvrir les besoins mondiaux pendant 63-65 ans, au rythme *actuel* de la production.

Elles sont réparties un peu partout dans le monde... Les gisements connus les plus importants en 2005 étaient situés :

- au Moyen-Orient : 40,7% des réserves mondiales,
- dans la Communauté des États Indépendants (CEI, pays de l'ex-Union soviétique, sauf les pays baltes) : 32%<sup>7</sup> des réserves mondiales, dont 26% pour la Russie<sup>8</sup>.

Les réserves connues de gaz naturel diminuent nettement en Europe. Mais elles augmentent au Moyen-Orient, en Asie/Océanie et en Afrique.

<sup>2</sup> Trouvé sur le site : science-decision.fr/cgi-bin

<sup>3</sup> Statistical Review of World Energy, BP Amoco. Sur le site: r0.unctad.org/infocomm/français/gaz/marche

<sup>4</sup> Wikipedia. Article : gaz naturel

<sup>5</sup> Renseignements du 20 juillet 2008. Site : gazdefrance.com/FR/D/1338/reserves-mondiales

<sup>6</sup> Article : 'Réserves mondiales', déjà cité.

<sup>7</sup> Trouvé en septembre 2008. Centre International d'Information sur le Gaz Naturel et les Hydrocarbures Gazeux (CEDIGAZ), dans l'article : Réserves mondiales déjà cité.

<sup>8</sup> Les réserves de gaz naturel. Site : r0.unctad.org/infocomm/français/gaz/marche

## **Gaz de charbon, appelé aussi méthane de houille.**

Aux Etats-Unis, on extrait aussi du gaz par gazéification souterraine du charbon dans des veines riches en gaz et enfouies trop profondément pour en extraire le charbon dans des conditions économiques et de sécurité acceptables. La Chine s’y intéresse, l’Inde également. Ce sont les trois grands pays qui sont pauvres (ou devenu pauvre en ce qui concerne le premier) en réserves pétrolières connues mais riches en réserves charbonnières.

L’histoire de la gazéification souterraine a commencé il y a environ cent quarante ans. En voici les principales étapes.

- En 1868, une communication scientifique est faite à Londres par Sir Charles William Siemens (1823-1883), ingénieur énergéticien allemand<sup>9</sup>.

- Vingt ans plus tard, la proposition fut reprise par Dmitri Ivanovitch Mendéléiev (1834-1907), chimiste russe.

- Une première expérience dans une mine fut organisée en 1912 par le chimiste britannique William Ramsay (1852-1916) et fut interrompue par la première guerre mondiale et la mort de Ramsay.

- Lénine (1870-1924), dans un article qu’il écrivit dès 1913, trouva excellente l’idée de la gazéification souterraine expérimentée par Ramsay<sup>10</sup> et, en 1933, des essais commencèrent en Union soviétique dans cinq stations expérimentales, essais interrompus par la deuxième guerre mondiale.

- Repris au lendemain de cette dernière, ils aboutirent à la construction de cinq installations pilotes de production. Celle du Kouzbass (anciennement Kouznetsk) en Sibérie occidentale, probablement la dernière en exploitation en Russie, a été exploitée avec succès pendant plus de quarante ans, de 1955 à 1996 (arrêtée parce que le matériel était usé). Celle d’Angren en Ouzbékistan est encore en fonctionnement ; sa production annuelle maximale, atteinte en 1965, fut de 1,4 milliards de mètres cubes de gaz correspondant à 440.000 tonnes de charbon.

Les bons résultats soviétiques entraînèrent une prolifération d’expériences un peu partout dans le monde, y compris en Belgique. Prolifération puis abandon presque général dans les années 1960 quand les pétroliers inondèrent le marché avec le pétrole peu cher du Moyen-Orient. Cette politique des pétroliers mit d’ailleurs en difficulté toutes les autres sources d’énergie : fermeture de mines de charbon, arrêt -momentané- de développement du nucléaire, remplacement de transports urbains électriques (trams, trolleybus) par des autobus, ...

Cette lente et longue maturation de trois quarts de siècle d’un procédé très prometteur ne s’explique, à mon sens, que parce que les pays industrialisés n’avaient pas *besoin* de nouvelles sources d’énergie. Il radote, pensez-vous peut-être, en répétant toujours *‘besoin’*, *‘besoin’*, ... Je me permets d’insister parce que je pense que c’est véritablement un moteur essentiel du développement de la société.

Mais à la suite des deux chocs pétroliers, les expérimentations ont repris aux Etats-Unis, en Communauté européenne et ailleurs. En Europe occidentale, elles sont orientées vers l’exploitation de gisements profonds qui constituent l’essentiel des ressources restantes, notamment à Thulin dans le Hainaut charbonnier belge, à une profondeur de 850 mètres.

---

<sup>9</sup> Jean-Paul Pirard. La gazéification souterraine du charbon.

Site : [assc.ulg.ac/webCheng00/IngenieurEnergie/Gazeification](http://assc.ulg.ac/webCheng00/IngenieurEnergie/Gazeification)

<sup>10</sup> Lénine : Une grande victoire de la technique. La Pravda n° 91/1913. Dans : Lénine, Œuvres, éd. Moscou de 1967, tome 19, page 51.

L'Institution pour le développement de la gazéification souterraine du Sart-Tilman rattachée à l'Université de Liège est, depuis 1985, concessionnaire de cette ancienne mine de houille.

Plus récemment, en Belgique, l'association sans but lucratif UNERBEL, fondée en 2001, jumelle l'objectif de récupérer le gaz enfoui dans les réserves souterraines de charbon avec un objectif environnemental, la limitation des émissions de gaz carbonique par l'homme. Comment ? En remplaçant le gaz de charbon par du gaz carbonique, le second chassant le premier et prenant sa place<sup>11</sup>. Cela ne peut se faire qu'au départ d'industries grosses émettrices de gaz carbonique comme il n'en manque pas dans notre pays : sidérurgies, cimenteries, centrales électriques au gaz ou au charbon, etc.

J'ai hésité à mettre le texte sur la gazéification souterraine ici plutôt que dans la partie du présent travail qui traite des espoirs, des prévisions d'approvisionnement futur en énergie. En effet, les réalisations actuelles sont rares mais elles pourraient se multiplier assez rapidement, car la technologie est au point pour l'essentiel, et le besoin (oui, toujours lui) d'énergie risque de devenir pressant.

Des exploitations sont en service aux Etats-Unis, je n'ai trouvé aucun renseignement sur leur importance, juste la mention de leur existence. Une première unité de production d'un million de mètres cubes par jour est prévue (en construction ?) en Inde<sup>12</sup>. La Chine exploite une dizaine d'installations dont j'ignore l'importance et elle a mis au point un procédé pour obtenir au départ du charbon un méthane presque pur en en séparant l'oxygène et surtout le nitrogène ; ce dernier en brûlant donne un oxyde d'azote, gaz irritant<sup>13</sup>. Le méthane ainsi produit peut aussi être utilisé pour la fabrication de carburant synthétique liquide (voir plus bas).

Comme on l'a vu, les Etats-Unis, la Chine et l'Inde sont pauvres en réserves pétrolières connues et riches en réserves charbonnières. Les réserves de charbon qui conviennent pour la gazéification souterraine sont si importantes un peu partout dans le monde, y compris en Europe, qu'on peut prévoir, sans trop de risque de se tromper, qu'il en sera exploité de plus en plus de cette façon.

La perspective d'une pénurie de combustibles pétroliers a amené à l'idée de partir du gaz de charbon pour fabriquer un carburant liquide. Il s'agit alors d'installations jumelées, une installation de gazéification souterraine jumelée à une installation de synthèse de carburant liquide<sup>14</sup>. Des installations qui fabriquent ce type de combustibles synthétiques appelés synfuels existent en Afrique du Sud, en Australie, ailleurs (?). Des projets existent pour en installer en Chine, en Inde, aux Etats-Unis, au Canada, en Indonésie, au Vietnam<sup>15</sup>. Je ne suis pas certain d'avoir fait le tour complet des pays en projet dans ce domaine.

---

<sup>11</sup> Jean-Marc Baele, Hughes Legrain et Guy de Weireld, La séquestration géologique du CO<sub>2</sub>. Article de la revue : Polytech.News, n° 32/2005. Site : poletic-hainaut.org/documents/polytech-news32

<sup>12</sup> Revue : BE Inde n° 25/2007. Site : bulletins-electroniques.com/actualites/43284

<sup>13</sup> Revue : BE Inde n° 43/2007. Site : bulletins-electroniques.com/actualites/50850

<sup>14</sup> Raymond Bonnaterre. Site : leblogenergie.com/2008/10/australie

<sup>15</sup> Site à jour en mars 2007 : afh2.org/uploads/memento

## Uranium.

### Comment l'uranium peut-il servir aux humains comme source d'énergie ?

On sait que ce sont des réactions nucléaires à la surface du soleil qui irradient à travers l'espace et dont une partie arrive sur la terre, pour moitié environ sous forme de chaleur, pour l'autre moitié environ sous forme de lumière. Les mêmes réactions ont lieu dans les milliards d'autres étoiles.

On sait également, même si quelques controverses existent, que des réactions nucléaires sous nos pieds expliquent l'irradiation de chaleur qui provient de la terre, le volcanisme, les sources d'eau chaude et, plus généralement parlant, les phénomènes de géothermie. Elle serait produite par la radioactivité des roches qui constituent le manteau et la croûte terrestre<sup>16</sup>.

L'énergie solaire et la géothermie sont des sources naturelles d'énergie dont nous verrons plus loin les possibilités comme sources d'énergie pour d'autres usages que s'éclairer et se chauffer. Comment les humains peuvent-ils aussi produire de l'énergie sous forme utilisable au départ de réactions nucléaires ?

La théorie donne deux possibilités.

\* La **fission nucléaire** exploite l'énergie obtenue en brisant de gros noyaux d'atomes dits lourds d'uranium ou de plutonium. C'est ce qui est réalisé dans les réacteurs nucléaires en service et dans ceux qui seront construits dans la prochaine période.

\* Dans la **fusion nucléaire**, c'est le contraire. Il s'agit de rapprocher des petit noyaux dits légers d'hydrogène pour les forcer à s'unir. Et l'énergie obtenue est encore bien supérieure à celle qui est générée par la fission. La preuve terrifiante en a été donnée par la première bombe H (H comme hydrogène) ... : elle était 450 fois plus puissante que la bombe à plutonium de Nagasaki<sup>17</sup>.

Des essais de fusion nucléaire sont effectués depuis des années, surtout en France et au Japon. Mais '... la faisabilité scientifique d'un réacteur à fusion n'est pas sûre... *Officiellement*, les premiers réacteurs industriels seront construits aux alentours de 2050 mais de nombreux scientifiques repoussent l'échéance à la fin du XXIème siècle voire jamais'<sup>18</sup>.

Nous laisserons pour le moment de côté une perspective technologique dont la réalisation est si aléatoire et examinerons la seule fission nucléaire.

---

<sup>16</sup> La croûte terrestre, partie la plus extérieure de la terre, a 30 à 60 kilomètres d'épaisseur selon les endroits et atteindrait au plus profond une température de 1.000° centigrades. Le manteau pâteux sur lequel s'étale la croûte atteindrait une profondeur de 2.900 km et une température de 3.000° C., tandis que le centre du noyau pourrait atteindre 7.200°, température supérieure à celle de la surface du soleil.

Site : [wikipedia.org/wiki/image.geothermie.jpg](http://wikipedia.org/wiki/image.geothermie.jpg)

<sup>17</sup> Jean-Luc Léonard. Dans la revue Athena, n° 237/2008.

<sup>18</sup> B. Monteil. ITER : quand sera-t-il une centrale industrielle ?

Site : [nucleaire.info.com/conclusion\\_concernant\\_iter](http://nucleaire.info.com/conclusion_concernant_iter)

## La fission nucléaire.

La fission nucléaire fait intervenir l'isotope 235 de l'uranium (U235) ou le plutonium selon les types de centrales nucléaires<sup>19</sup>. Le premier existe dans la nature. Le second est produit artificiellement dans les centrales nucléaires à l'uranium. L'uranium existant **actuellement** sur la terre est composé d'environ 99,3% d'uranium 238 non radioactif, 0,7% d'uranium 235 radioactif et de traces d'uranium 234 radioactif. D'autres isotopes radioactifs qui existaient lors de la formation de la terre, il y a au moins 5 milliards d'années selon les estimations les plus récentes, ont disparu de la terre parce que leur durée de vie est plus courte que l'âge **actuel** de la terre. Ils sont fabriqués artificiellement lors de réactions nucléaires. C'est également le cas de tous les isotopes du plutonium ; ce dernier n'existe plus naturellement<sup>20</sup>. Il en est formé dans les centrales nucléaires par la transformation d'une partie de l'uranium.

La concentration d'Uranium 235 radioactif est insuffisante dans l'uranium naturel pour amorcer la réaction en chaîne dans un réacteur nucléaire. On l'« enrichit », c'est-à-dire que l'on augmente la proportion d'uranium radioactif, jusqu'à 3 à 5% dans les réacteurs à eau ordinaire pressurisée, de loin les plus nombreux, à des pourcentages supérieurs pour d'autres types de réacteurs. Pour la fabrication de bombes nucléaires, la proportion d'uranium radioactif doit dépasser 80%. Comme les réactions *chimiques* sont les mêmes pour tous les isotopes d'un corps, la méthode de séparation des isotopes est *physique* ; elle se base sur la différence de masse entre eux. La méthode la plus connue, grâce aux politiciens, aux médias et ... à l'Iran et la Corée du Nord, est celle par une cascade de centrifugeuses ultra rapides, méthode de très loin la moins utilisée pour l'enrichissement à but civil.

Enrichir une partie de l'uranium naturel en U235 pour « nourrir » les centrales nucléaires entraîne un appauvrissement du reste qui est dès lors un **déchet** de l'enrichissement. Les stocks de ce déchet dépassaient un million de tonnes début 1995 et s'accroissaient au rythme de 50.000 tonnes par an<sup>21</sup>.

**Déchet ?** Pas totalement, puisque l'armée étatsunienne (et d'autres?, notamment la britannique à Kaboul, l'israélienne au Liban et à Gaza ?) a utilisé des bombes dont le nez contient de l'uranium appauvri. L'uranium est un métal lourd, plus de 1,6 fois plus lourd que le plomb. De plus, il est très résistant et, puisque c'est un déchet dont l'industrie nucléaire doit se débarrasser, il est très bon marché, voire gratuit. « ... Les projectiles en uranium appauvri mélangé à une faible quantité de titane présentent une faible résistance à l'air qui permet d'atteindre une vitesse de l'ordre de cinq fois celle du son et d'obtenir une portée supérieure de 1.000 mètres aux armes conventionnelles, un excellent pouvoir de pénétration des plaques

---

<sup>19</sup> Qu'est-ce qu'un isotope? Les noyaux des atomes sont composés de deux types différents de particules, il y a toujours des protons (sauf dans le noyau d'hydrogène qui n'en a qu'un), presque toujours des neutrons. Deux atomes sont dits isotopes s'ils ont le même nombre de protons mais un nombre différent de neutrons. Le numéro atomique Z dans le tableau périodique de Mendéléiev indique le nombre de protons, il s'ensuit que tous les isotopes d'un atome ont le même numéro Z et qu'ils portent le même nom, ils ont les mêmes réactions chimiques. L'Uranium<sup>235</sup> porte, comme les autres isotopes de l'uranium, le numéro 92. Son noyau a donc 92 protons auxquels s'ajoutent 143 neutrons, soit au total 235 particules appelées nucléons.

<sup>20</sup> On a cependant trouvé du plutonium sur le site d'Oklo au Gabon. L'explication donnée à sa présence est, qu'il y a environ 2 milliards d'années, la concentration en uranium radioactif (vers les 3,6% contre 0,7% actuellement) aurait été suffisante dans ce lieu pour provoquer une réaction nucléaire naturelle. Source : La Lettre du Nucléaire n° 20/2002. Site : [ecolo.org/documents/documents\\_in\\_french/oklo\\_reacteur\\_naturel](http://ecolo.org/documents/documents_in_french/oklo_reacteur_naturel)

<sup>21</sup> Roland Laffitte et Naima Lefkir-Laffitte. Le Monde Diplomatique, avril 1995, page 22.

d'acier épaisses et de bonnes qualités incendiaires : porté à haute température par l'impact, il prend immédiatement feu »<sup>22</sup>.

Voilà définis les 'avantages' militaires immédiats. Mais d'autres caractéristiques permettent de ranger ces armes dans les armes de destruction massive. Le Professeur Henri Firket, membre de l'Académie belge de médecine et de l'association de médecins belges adhérant à l'International Physicians to Prevent Nuclear War (IPPNW), lors d'une séance de formation tenue le 5 mai 2001, nous a parlé de la terrible toxicité de l'uranium appauvri constatée lors de son usage militaire pendant la première guerre du Golfe et dans les Balkans.

Quand la bombe explose, une partie de cet uranium est répandu dans l'air sous forme d'une très fine poussière. Or, l'uranium, radioactif ou non, est un poison. Cette poussière tue, à plus ou moins longue échéance, ceux qui la respirent. Elle est respirée, non seulement par toutes les personnes dans la zone de l'impact, mais, transportée par le vent, elle se dépose dans une zone infiniment plus vaste et empoisonnera des gens pendant des années et des années.

En tant que conseiller spécial de l'Organisation Mondiale de la Santé, de l'ONU, et du ministère de la santé irakien, le Dr Ahmad Hardan a documenté les effets de l'uranium appauvri (UA) en Iraq entre 1991 et 2002<sup>23</sup>.

*Les forces US admettent avoir utilisé plus de 300 tonnes d'armes à l'UA en 1991. Le chiffre réel est plus proche de 800. Cela a provoqué une crise sanitaire qui a affecté près d'un tiers de million de gens. Comme si cela ne suffisait pas, les USA en ont utilisé 200 tonnes de plus seulement à Bagdad au cours de la récente invasion...*

*...Les effets de loin les plus dévastateurs affecteront les enfants à naître. Rien ne peut préparer quelqu'un à la vue des centaines de fœtus conservés, aux apparences à peine humaines...*

*Les statistiques vérifiables pour l'Iraq resteront évasives pendant un certain temps, mais les études de terrain en Afghanistan montrent l'existence d'un désastre de santé publique à grande échelle. ... En automne 2002, l'équipe de terrain de l'UMRC (Uranium Medical Research Center) revenait en Afghanistan pour une enquête plus étendue, et révélait une irradiation potentiellement plus grande que prévue initialement... Quelle est l'importance et l'étendue de l'irradiation?... Une portion importante de la population civile présente des symptômes correspondant à la contamination interne par l'uranium... L'Afghanistan a servi de terrain d'essai pour une nouvelle génération de bombes brise-bunkers contenant de fortes concentrations d'autres alliages d'uranium...*

*« Une partie importante de la population civile » ? Il semble qu'en allant après une poignée de terroristes en Afghanistan, nous avons empoisonné un grand nombre de civils innocents, dont un nombre disproportionné d'enfants<sup>24</sup>.*

Des centrales nucléaires fonctionnent uniquement avec de l'uranium enrichi. D'autres avec du plutonium. Comme on l'a vu, le plutonium est fabriqué dans les centrales nucléaires qui fonctionnent à l'uranium enrichi. Quand, après quelques années passées dans le cœur de la centrale, l'uranium enrichi utilisé doit être remplacé, il faut en séparer le plutonium produit. Rares sont dans le monde les usines capables d'opérer cette extraction pour une utilisation dans une centrale électrique nucléaire à buts civils. En Europe, les unités de « retraitement »

<sup>22</sup> Roland Laffitte et Naima Lefkir-Laffitte, déjà cité.

<sup>23</sup> Traduction d'un extrait de 'Current Concerns du 19 octobre 2007. Site : alterinfo.net/L-uranium-appauvri-est-bien-pire-que-le-911\_a12625

<sup>24</sup> Current Concerns, référence déjà citée.



de 'combustible' nucléaire « usé » sont situées à La Hague en France et à Sellafield en Grande-Bretagne.

Mais le plutonium ne sert pas que dans des centrales électriques nucléaires. C'est aussi la matière première de base d'armes nucléaires. Il s'ensuit que chaque **puissance militaire nucléaire** dispose, à la fois de centrales nucléaires à l'uranium destinées à produire, non seulement de l'électricité, mais aussi du plutonium, et d'installations de retraitement des déchets de ces centrales pour isoler le plutonium produit.

## Essai de conclusions sur les sources souterraines d'énergie.

Découvertes et exploitées à des époques différentes comme sources d'énergie pour d'autres utilisations que le chauffage des habitations et la cuisson des aliments, les différentes sources souterraines d'énergie ont essentiellement joué le même rôle au cours de l'industrialisation: production de vapeur actionnant directement une machine (surtout le charbon) et plus tard production de vapeur actionnant une génératrice d'électricité (charbon, pétrole, gaz naturel, uranium). D'autre part, les dérivés du pétrole brut sont aussi utilisés directement pour actionner des moteurs à combustion interne surtout dans les transports.

Ces sources d'énergie, sauf l'uranium, sont, le plus généralement, considérées d'origine biologique. C'est de l'énergie solaire captée par des plantes au cours de millions d'années grâce au phénomène naturel de la photosynthèse, du moins si l'on se réfère à la théorie enseignée en Occident<sup>25</sup>. Les autres sources secondaires d'énergie dont il a incidemment été question, comme le vent, les chutes d'eau, sont aussi des suites de l'action des rayons solaires, directe dans ces cas et non accumulée.

Il n'a pas été question de quelques autres sources utilisées dont l'origine, directe ou indirecte mais non accumulée, est le rayonnement solaire : centrales électriques marémotrices, centrales électriques à miroirs concentrateurs de rayons et quelques autres procédés qui n'ont, à mon avis, aucune perspective de devenir d'importants fournisseurs mondiaux d'énergie.

L'uranium n'entre pas dans la catégorie des sources d'énergie qui ont les radiations solaires comme origine. Les réactions nucléaires qui interviennent dans le cœur des centrales nucléaires sont de même nature, très grossièrement parlant, que celles qui ont lieu dans le soleil et qui sont à l'origine du rayonnement solaire. Ces réactions nucléaires sont des transformations de noyaux atomiques avec production d'une très grande quantité d'énergie,

---

<sup>25</sup> F. William Engdahl. « La guerre et le *pic pétrolier* ». Sur le site : mondialisation.ca du 8 octobre 2007. Les Soviétiques, à partir de 1950 environ, auraient découvert les très importants gisements du bassin du Dniéper-Donetz (Ukraine-Russie) puis plus tard ceux de Sibérie sur base d'une tout autre théorie, non biologique, de l'origine du pétrole. Ils sont ainsi devenus les plus grands producteurs mondiaux de pétrole et gaz. Ces régions étaient peu propices à la présence de pétrole selon les théories occidentales de prospection géologique... Ils ont fait de même au Vietnam vers 1980 ; ce pays est maintenant indépendant du point de vue énergétique.

L'arrestation en 2003 de Mikhaïl Khodorkovski (né en 1963), patron de Yukos, la principale société pétrolière russe -capitaliste à l'époque- et la mise sous séquestre de ses actions a eu lieu juste avant la conclusion de la vente des parts de Khodorkovski à ExxonMobil et Chevron-Texaco, sous l'égide de Dick Cheney, vice-président des Etats-Unis d'Amérique. Extrait de : « Le Département d'État américain s'émue ... ». In 'L'Express', article du 27.11.03. Sur le site : affaire-yukos.blogspot.com

Par cette acquisition, les deux multinationales pétrolières se seraient procuré, grâce aux très nombreux géologues de Yukos passés à leur service, l'ensemble des connaissances russes ayant permis leurs découvertes de grands gisements, connaissances qui étaient des « secrets d'État » à l'époque de la guerre froide. L'arrestation de Khodorkovski et la mise sous séquestre de ses actions ont déjoué in extremis cette tentative.

production théorisée par le physicien allemand Albert Einstein (1879-1955) quand il a, par sa célèbre et simplissime formule  $E = mc^2$ , mis un signe égal entre l'énergie ('E') et la matière ('m' multiplié par une valeur constante, le carré de la vitesse de la lumière).

On pourrait ranger dans la même catégorie que l'uranium les utilisations des vapeurs et des eaux chaudes qui émanent de l'écorce terrestre et dont l'énergie qu'elles contiennent leur viendrait de réactions nucléaires au cœur de la terre. Ces sources naturelles d'énergie sont regroupées sous le nom de **géothermie**. Localement, c'est une source importante d'énergie. C'est la principale source d'énergie de l'Islande<sup>26</sup>. Trois centrales électriques importantes fournissent environ 17% de l'électricité du pays. La chaleur géothermique fournit le chauffage et l'eau chaude d'environ 87% des habitants de l'île. L'une des sources géothermiques utilisées les plus importantes est située en Californie aux Etats-Unis. La production d'électricité a commencé en 1960 ; actuellement, près de 40 centrales produisent ensemble plus de 2.500 mégawatts électriques, soit environ 80% des trois centrales de Tihange.

Au Kenya, il est prévu de couvrir par des centrales géothermiques le quart des besoins du pays en électricité. De l'électricité est produite à partir de la géothermie dans plus de vingt pays dans le monde, mais avec les connaissances techniques actuelles, il me semble exclu que la géothermie contribue de façon importante dans un proche avenir à satisfaire les besoins en énergie. Les humains auront-ils un jour un accès beaucoup plus important qu'aujourd'hui à cette marmite géante qui se trouve sous leurs pieds ? C'est probable. Ils sont capables de creuser à plusieurs kilomètres de profondeur, mais quand le pourront-ils à grande échelle et à coût comparable aux autres sources d'énergie?

## Épuisables à court terme ?

Toutes les réserves d'énergie que contient la couche supérieure de l'écorce terrestre et que l'homme est capable d'extraire s'y trouvent en quantités limitées (en ne prenant en compte, pour le pétrole, que la théorie de l'origine biologique). On les dit maintenant « épuisables ». En réalité, à un terme raisonnablement long de plus d'une centaine d'années, deux ne le sont pas, le charbon et l'uranium. (Peut-être même trois, car il n'y a pas unanimité à considérer le pétrole comme « épuisable » à court terme. On en touchera un mot plus loin). Essayons de voir ce qu'il en est.

### \* Le charbon est-il épuisable à court terme ?

Non, il en existe des réserves très importantes, un peu partout dans le monde, sauf *peut-être* en Afrique et en Amérique du Sud. Surtout si on lui ajoute les réserves d'hydrates de méthane -gaz naturels- contenus en énorme quantité dans le permafrost ou pergélisol, sol gelé en permanence et absolument imperméable des zones arctiques (le Grand Nord). On l'appelle parfois la « glace inflammable ». Il en existe aussi d'énormes quantités dans le plancher océanique. Les réserves d'hydrate de méthane sont actuellement inexploitable, soit pour des difficultés techniques non encore résolues, soit pour des raisons de prix de revient.

Mais un autre inconvénient très grave de l'utilisation du charbon est apparu clairement aux humains que nous sommes au cours de la dernière décennie. Il amène de plus en plus à la conviction qu'il ne sera pas possible de l'utiliser à long terme (c'est vrai aussi pour le pétrole et le gaz naturel). Il s'agit de l'influence de leur consommation sur le climat. Ces matières

<sup>26</sup> Wikipedia-Géothermie. À jour : 25/8/2008.

sont composées en grande partie de carbone ; on en retire de l'énergie en les brûlant et le carbone se transforme en gaz carbonique. L'augmentation dans l'air de la teneur de ce gaz serait responsable en grande partie de l'augmentation de la température moyenne avec des conséquences gravissimes que nous ne pourrions ignorer que si nous n'avions ni yeux ni oreilles tant médias et certains politiciens en parlent.

J'ai utilisé le conditionnel dans la phrase qui précède parce que l'unanimité est loin de régner parmi les climatologues sur ce sujet<sup>27</sup>. Malheureusement, comme les autres scientifiques, ils alimentent tellement moins les médias que les politiciens. La fonction principale de ces derniers n'est pas de comprendre la réalité et de découvrir des vérités, mais de défendre les intérêts de leurs mandants, mandants connus, publics pour ceux qui respectent honnêtement le 'jeu' démocratique, mandants privés et parfois très, très, très confidentiels pour d'autres !

Dans son livre « Climat : Et si la terre s'en sortait toute seule ? », Laurent Cabrol, journaliste météo français connu depuis une vingtaine d'années, développe longuement une argumentation qui montre que le réchauffement climatique commencé il y environ deux cents ans n'a rien à voir avec les activités humaines. S'il n'est pas exclu que nous intervenions dans l'accélération récente de ce réchauffement, notre rôle ne peut qu'être absolument secondaire. Il conclut, grosso modo, par : Ne nous laissons pas culpabiliser par le réchauffement climatique ; il n'y a pas si longtemps, on avait essayé de nous culpabiliser avec le trou dans la couche d'ozone. Un long article intitulé 'Controverse sur le réchauffement climatique' peut être trouvé sur Internet : [fr.wikipedia.org/wiki](http://fr.wikipedia.org/wiki).

Le 20 octobre 2007, Pierre Ozer, climatologue, membre de l'Académie royale des Sciences d'Outre-mer et Dominique Perrin, agronome et environnementaliste, lors d'une séance de formation, nous ont parlé du changement climatique et notamment du rôle du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat), organisme de l'ONU qui regroupe pratiquement tous les États du monde, à l'exception du Vatican. Le GIEC n'est pas chargé de rechercher les causes du changement climatique, mais d'« *expertiser l'information ... qui concerne le risque de changement climatique provoqué par l'homme* ». Définie officiellement ainsi, la mission que lui a confié l'ONU ne serait-elle pas de nous culpabiliser ?

Une critique violente et scientifiquement très étayée des conclusions du GIEC peut être trouvée sur le site : [pensee-unique.fr/courbes](http://pensee-unique.fr/courbes). N'hésitez pas à le consulter ; les développements scientifiques sont écrits en langage simple, pour des gens comme vous et moi. Des constatations sur une longue période montrent que la température moyenne varie depuis très longtemps d'un minimum à un maximum pour diminuer à nouveau, et ce avec une périodicité d'environ 65 ans. Le cycle en cours arriverait à un maximum de température vers 2010, c'est-à-dire maintenant, suivi d'une baisse pendant une trentaine d'années et nous aurions déjà atteint un plateau de température depuis 2005. Des constatations réalisées également sur une longue période montrent qu'effectivement il y a corrélation entre hausse des températures et hausse de la teneur de l'air en gaz carbonique ainsi qu'entre les baisses des unes et de l'autre, mais que les variations de température précèdent celles du taux de gaz carbonique. On peut en déduire que ce sont les hausses de température qui sont la cause de la hausse de la teneur de l'air en gaz carbonique et non l'inverse. Des explications sont données quant aux processus qui pourraient expliquer ce phénomène. On en déduit immédiatement que

---

<sup>27</sup> Écho de ce désaccord entre géologues-climatologues dans l'extrait suivant d'un article de François Gemenne. Climat – Une réponse à Étienne Juvigné. Dans : 'Espace de libertés', n° 362/mars 2008.

« La contribution du Professeur Juvigné ... développe des arguments déjà connus et ressassés : le changement climatique n'est, au fond, qu'un épiphénomène d'une évolution naturelle du climat, qui alterne des périodes de réchauffement et de glaciation. Dans ces transformations du climat, les gaz à effet de serre ne jouent qu'un rôle mineur et toute stabilisation du climat serait alors *impossible* »...

l'action de l'homme et sa consommation croissante de charbon-pétrole-gaz n'y sont pour rien ou bien que leur responsabilité est vraiment à la marge.

### **\* L'uranium est-il épuisable à court terme ?**

Non, surtout si les savants et techniciens spécialisés dans la surgénération ou surrégénération<sup>28</sup> ainsi que les investisseurs que cette technologie intéresse soient suivis par les politiciens (on verra un peu plus loin la signification de cette restriction). On verra aussi un peu plus loin ce qu'il en est des perspectives de la surrégénération.

Même si, dans les prochaines dizaines d'années, il ne se construisait aucun surgénérateur dans le monde, on ne manquerait pas d'uranium, matière première utilisée dans les réacteurs actuels. 'Les projets d'installation de nouvelles centrales prolifèrent partout dans le monde et en particulier dans les pays émergents ..., ce ne sont pas moins de 250 centrales qui sont prévues se construire<sup>29</sup>. 'La puissance nucléaire installée au niveau mondial devrait se situer, d'ici 2025, entre 450 GWe (+ 22% de l'actuelle) et 530 GWe (+ 44%)... Les besoins en uranium devraient donc se hisser à une quantité annuelle entre 80.000 tonnes et 100.000 tonnes<sup>30</sup>. En elles-mêmes, ces quantités ne nous disent rien. En particulier, elles n'ont pas de signification si on les compare aux quantités extraites dans la dernière période. Pourquoi ? Parce que l'industrie utilise actuellement, non seulement les quantités extraites du sol, mais aussi des stocks d'uranium civil enrichi qui se sont accumulés pendant la période d'hésitation politique, et aussi des stocks d'uranium enrichi et même très fortement enrichi (vers 90% d'uranium radioactif contre 3 à 4% pour l'uranium à usage civil) provenant de stocks militaires d'armes nucléaires démodées, obsolètes. Et puisqu'il faut s'en débarrasser, les prix sont particulièrement attrayants pour l'industrie. Cet uranium trop 'riche' pour servir dans les centrales nucléaires est appauvri par mélange avec de l'uranium naturel ou même avec de l'uranium appauvri dont les stocks se sont accumulés. L'économie d'élément naturel qui en résulte tourne autour des 5.000 tonnes par an. Ce n'est pas une énorme quantité mais elle pèse dans la balance.

Les consommations d'uranium, qu'elles soient exprimées en tonnes ou en capacités de production d'électricité, ne prennent une signification que si on les compare aux réserves connues. Quelles sont ces réserves? 'La quantité d'uranium récupérable à un coût qui ne serait pas supérieur au coût de 2005-2006, soit 80 dollars US par kilo, s'élève à environ 4,7 millions de tonnes<sup>31</sup>. Cela correspond à environ 60 à 85 ans de consommation du parc *actuel* de centrales nucléaires. 'L'addition de toutes les ressources minières répertoriées dépasse un total de 17 millions de tonnes soit environ 300 ans de consommation actuelle à des conditions d'accès toutefois très différentes<sup>32</sup>. Comme on l'a vu pour le pétrole, les progrès techniques ont régulièrement comme conséquence une baisse des coûts et un accès rendu possible et rentable à des réserves qui précédemment n'étaient pas accessibles.

Ces réserves d'uranium, ne prennent pas en compte celui contenu dans les phosphates. La concentration d'uranium dans les phosphates est très faible (moins de 100 parts par

<sup>28</sup> Les réacteurs rapides sont communément appelés surgénérateurs car, s'ils consomment du combustible, ils en produisent aussi. La surgénération du plutonium permet aux réacteurs rapides d'extraire soixante fois plus d'énergie de l'uranium que ne le font les réacteurs thermiques... Tous les éléments transuraniens deviennent fissionables ... Sur le site de l'IAEA, International Atomic Energy Agency – Vienne (Autriche). 2003.

<sup>29</sup> Site : [caderange.canalblog.com/archives/2007/08/20/5894588](http://caderange.canalblog.com/archives/2007/08/20/5894588)

<sup>30</sup> Communiqué de presse du 1<sup>er</sup> juin 2006 de l'Agence pour l'énergie nucléaire de l'OCDE. Site : [nea.fr/html/general/press/2006/2006-02f](http://nea.fr/html/general/press/2006/2006-02f)

<sup>31</sup> Même référence que la précédente.

<sup>32</sup> Article : Comprendre l'énergie : Questions / Réponses. Sur le site ; [industrie.gouv.fr/energie/comprendre/q-r-nuc-res](http://industrie.gouv.fr/energie/comprendre/q-r-nuc-res)

million) et ne justifie pas que l'on traite du phosphate dans le but d'en obtenir de l'uranium. Mais, lors de la fabrication de l'acide phosphorique, l'uranium se retrouve avec l'acide phosphorique dont il est aisément séparé par des solvants. On récupère ainsi de l'uranium dans plusieurs pays, et notamment aux États-Unis. Les quantités récupérées annuellement sont déterminées par les besoins en acide phosphorique qui est la fabrication principale. Néanmoins, si on les ajoute aux autres sources, les réserves mondiales d'uranium utilisable sont fortement augmentées et géographiquement mieux réparties dans le monde. 'Le Maroc (note VD : y compris la mine de Bou Craa au Sahara occidental occupé), premier producteur mondial de phosphate, détient le premier gisement mondial d'uranium pouvant être extrait du phosphate avec près de 7 millions de tonnes d'U récupérable ... suivi de loin par les Etats-Unis ...<sup>33</sup>. La Tunisie est le troisième producteur mondial. La République centrafricaine en exporte aussi.

Outre l'incidence sur l'environnement, l'uranium présente un autre avantage sur le pétrole, avantage évoqué dans les lignes qui précèdent. Il concerne la sécurité d'approvisionnement. Chacun d'entre nous sait que les guerres successives au Moyen-Orient sont essentiellement dues au fait que cette région contenait et contient encore les plus importantes réserves de pétrole du monde. Or, on a découvert des gisements importants d'uranium exploitable sur tous les continents. Les principales réserves connues se situent en Australie (27% des réserves mondiales connues) ; cette localisation, loin de la plupart des zones les plus industrialisées, ne conforte pas l'idée de sécurité d'approvisionnement, d'autant plus que l'Australie ne vend de l'uranium qu'aux pays qui lui plaisent. Il en va autrement de la localisation des autres gisements. Ainsi, pour l'Amérique du Nord, ils se situent surtout au Canada et aux Etats-Unis (17 % ensemble) ; pour l'Amérique du Sud, au Brésil (6 %) ; en Europe occidentale, il n'y en a plus, celles de la France étant épuisées, mais pour l'Eurasie, dans l'ordre d'importance, il y en a au Kazakhstan, en Russie, en Ukraine, en Ouzbékistan, en Mongolie (25 % ensemble) et, si on envisage un ensemble économique Europe occidentale et zone méditerranéenne, on peut tenir compte des réserves de l'Algérie (minerai d'uranium), du Maroc et de la Tunisie (phosphates); pour l'Afrique, dans l'ordre d'importance, de celles du Niger, de l'Afrique du Sud, de la Namibie, de l'Algérie (20 % ensemble) – encore faut-il signaler qu'en Guinée-Conakry qui est déjà un fournisseur mondial très important de minerai d'aluminium sinon le plus important, on aurait découvert récemment des réserves d'uranium égales au tiers des réserves mondiales (à confirmer). Le Japon qui dépend totalement des sources étrangères d'énergie a pris, par l'intermédiaire d'une des ses sociétés, des intérêts très importants au Kazakhstan.

Les indications qui précèdent montrent qu'avec la technologie actuelle une pénurie d'uranium n'est pas à craindre de sitôt. À plus forte raison, avec la surrégénération.

**Qu'en est-il de la surrégénération ?** Les savants et techniciens l'ont en grande partie maîtrisée. Il leur reste encore du travail. Les investisseurs potentiels ont été sérieusement refroidis par les valse-hésitations des politiciens dans ce domaine (même remarque que précédemment : on verra un peu plus loin cet aspect de la question). En conséquence, dans l'attente d'orientations claires, ils ont freiné les investissements en nouvelles centrales électriques *de toute nature* ce qui a amené à la pénurie actuelle d'électricité dans les grands pays industrialisés, Etats-Unis et Europe notamment.

La surrégénération permet de consommer 100% de l'uranium extrait de la terre contre moins de 1% pour les réacteurs à neutrons lents actuellement en service dans le monde. Elle permet également de consommer le thorium, plus abondant sur la terre que l'uranium et inutilisable dans les réacteurs à neutrons lents actuellement en service. Les surrégénérateurs

<sup>33</sup> Site : [maroceve.com/forums/articles/21477](http://maroceve.com/forums/articles/21477)

permettent, et c'est extrêmement important pour les générations futures, de consommer progressivement l'ensemble des déchets passés, aussi bien ceux de l'enrichissement de l'uranium effectué avant son utilisation dans les centrales que ceux retirés des centrales nucléaires après son utilisation - notamment ceux à très longue durée d'activité -. Ils permettent également de consommer le plutonium accumulé, et en particulier celui à usage militaire entreposé dans les arsenaux des puissances nucléaires, bref tous les stocks fertiles et fissiles existants<sup>34</sup>. Ils pourraient ainsi produire massivement de l'énergie pendant plusieurs dizaines de milliers d'années<sup>35</sup>.

Les surrégénérateurs de puissance, c'est-à-dire ceux capables de produire une quantité importante d'électricité, n'ont rien d'une utopie. Il s'en est construit au moins un depuis 1951 dans une dizaine de pays (sans compter les nombreux prototypes de faible puissance) : Etats-Unis, URSS puis Russie, France (notamment Superphénix, le plus puissant du monde, 1200 MW<sup>36</sup>), Royaume Uni, Japon, Allemagne de l'Ouest (avec intervention de la Belgique et des Pays-Bas), Inde, Kazakhstan, Chine. Certains produisent actuellement de l'électricité. D'autres, nombreux, ont été arrêtés soit à la suite d'un accident ou d'une panne et non remis en service, d'autres par décision gouvernementale suite à des pressions politiques et à des réactions de l'opinion publique.

Le frein principal aux essais de prototypes et au développement de surrégénérateurs de production électrique me semble d'ordre psychologique (J'ai bien dit « semble », vous saurez plus loin pourquoi). Les Etats-Unis et les pays d'Europe occidentale ont décidé d'arrêter, peut-être momentanément, « alors que les Chinois, les Russes, les Indiens et les Japonais

---

<sup>34</sup> Matière fissile : matière dont le noyau atomique peut être fissionné, c'est-à-dire sectionné en morceaux plus petits avec production d'énergie. Les matières fissiles peuvent soutenir une réaction en chaîne dans une centrale ou dans une bombe nucléaire.

Matière fertile : matière qui n'est pas fissile mais qui peut être convertie en matière fissile. L'uranium-238 et le thorium, lui-même trois fois plus abondant que l'uranium, notamment en Anatolie (Turquie d'Asie), en Australie, en Inde sont les deux principales matières fertiles. Sur le site : [turquie.news.fr](http://turquie.news.fr)

<sup>35</sup> Sébastien Balibar, Sylvain David et Ionel Solomon. 'Les sources d'énergie du 21<sup>e</sup> siècle', conférence donnée en 2005. Sur le site : [canalu.fr/producteurs](http://canalu.fr/producteurs)

<sup>36</sup> MW = mégawatts ou un million de watts de puissance. Situons ce que cela signifie. La centrale de Tihange, avec ses trois réacteurs, a une puissance électrique totale nette de 2.985 MW. Site : [environnement.wallonie.be](http://environnement.wallonie.be) : Avis sur le permis unique relatif à la centrale nucléaire d'Electrabel à Tihange (Huy) du 14 janvier 2008.

Une éolienne de forte puissance atteint, à plein régime, 1 MW. Il faudrait en conséquence environ 3.000 éoliennes de forte puissance pour remplacer Tihange et 1.200 pour remplacer un surgénérateur comme Superphénix en supposant qu'elles puissent travailler sur demande à pleine puissance, ce qui n'est pas le cas. Leur fonctionnement dépend du vent.

La construction de la plus puissante éolienne du monde, dixit 'Le Soir' des 17-18 mai 2008, a commencé à Estinnes (Belgique). Elle pourra dégager, à plein régime, une puissance de 6 MW. Qui décidera quand une éolienne travaille à plein régime ? Pas les humains. Seuls les faiseurs de vent avec leur bouche peuvent en 'décider'. En plus de sa puissance, quel bruit dégagera-t-elle ? Jusqu'à présent, me semblait-il mais peut-être me trompé-je, on ne construisait des éoliennes de forte puissance qu'en mer suffisamment loin des côtes, pour bénéficier du maximum de vent et protéger les terriens du bruit qu'elles font.

« On ne fera pas rouler les trains avec des éoliennes ! » Luc Fournier, physicien français, au 34<sup>e</sup> Congrès du PCF, juin 2008. Site : [pcf.fr/IMG/doc/7\\_juin\\_marseille.doc](http://pcf.fr/IMG/doc/7_juin_marseille.doc)

Autre comparaison utile, celle de la consommation de combustible. Pour une consommation à pleine puissance pendant 300 jours par an, la consommation de Superphénix aurait été d'environ 1 tonne de plutonium (sans dégagement de CO<sup>2</sup>). Ce chiffre est à comparer aux 15.106 tonnes de pétrole annuelles d'une centrale thermique, ou même aux 27 tonnes d'uranium enrichi d'un réacteur à eau pressurisée. Sur le site : [techno-science.net](http://techno-science.net), le 29 avril 2008.

développent activement ce type de réacteur<sup>37</sup>... ». Les freins ne concernent pas spécialement les surrégénérateurs mais bien l'ensemble des centrales nucléaires.

Quelles sont ces raisons psychologiques qui débouchent sur la **peur** ? J'en vois essentiellement trois.

\* Les craintes, justifiées seulement en ce qui concerne les centrales nucléaires à *neutrons lents* actuellement en service. Elles sont dues à l'accumulation des déchets nucléaires dangereux à très longue durée de vie que ces centrales produisent. Les surrégénérateurs n'en produisent pas ; au contraire, comme on l'a vu, ils peuvent consommer les déchets accumulés dont actuellement on ne sait que faire ainsi que le plutonium entassé dans les arsenaux nucléaires.

\* Les deux accidents graves, Three Miles Island (États-Unis, 1979) et Tchernobyl (URSS, 1986), fortement médiatisés, surtout le second, de loin humainement le plus grave et dans un contexte politique -la guerre froide- propice à une surmédiatisation dans les pays occidentaux.

\* Les suites politiques de l'attentat du 11 septembre 2001 sur les tours jumelles de New-York, c'est-à-dire l'offensive étatsunienne contre le terrorisme, fortement amplifiée à partir de cette date et suivie par l'ensemble des gouvernements occidentaux : des terroristes pourraient s'emparer des matières qui leur permettraient de fabriquer des bombes nucléaires.

De très sérieuses craintes d'accidents graves et d'attentats sont absolument fondées et justifient que toutes les précautions soient prises. Mais les campagnes médiatiques destinées à affoler les gens ont des objectifs politiques tout autres que la sécurisation des populations ; il s'agit de faire accepter des atteintes à la liberté de tous, et en particulier des opposants. Sans ces campagnes axées sur la **peur**, les atteintes aux libertés ne passeraient pas.

Quelle comparaison peut-on faire entre d'une part ces risques, aléatoires puisque ce sont des risques, et qu'il faut contrôler le plus possible, et d'autre part, les crimes catastrophiques que sont les guerres provoquées volontairement par les milieux dirigeants de certains pays (plus de cent millions de tués au cours du 20<sup>e</sup> siècle, déjà des dizaines de milliers en ce tout début de 21<sup>e</sup> !).

Les multinationales pétrolières jouent un rôle dans ces résistances, dans ces freins au développement à grande échelle d'une industrie nucléaire **sûre** productrice des quantités d'énergie dont les humains auront besoin à moyen terme. L'énergie nucléaire est devenue leur seule véritable concurrente. Ce freinage n'est pas exercé ouvertement. Les pétroliers ne paient pas une grande publicité mondiale anti-nucléaire. Grâce à leur énorme puissance financière, ils peuvent agir autrement.

Venons-en à des indicateurs de cette influence des multinationales pétrolières.

- Un nombre important des principaux dirigeants politiques étatsuniens au pouvoir jusqu'en janvier 2009, sont issus de familles ou de firmes pétrolières :
- George W. Bush, président (issu d'une des grandes familles pétrolières du Texas),
- Dick Cheney, vice-président (ancien dirigeant de Halliburton, première -et de loin- société mondiale de services dans les *recherches* pétrolières),
- Condoleeza Rice, directrice du Conseil national de sécurité qui chapeaute toutes les agences de renseignement (ancienne directrice du groupe pétrolier Chevron, chargée spécialement des implantations au Kazakhstan et en Afghanistan),
- Donald Evans, secrétaire d'État au Commerce et Spencer Abraham, secrétaire à l'Énergie (ils firent toute leur carrière dans le secteur pétrolier),
- Kathleen Cooper, sous-secrétaire au Commerce (ancienne chef économiste de la société Exxon).

---

<sup>37</sup> « ... INDISPENSABLE POUR L'AVENIR DE L'HUMANITÉ ... ». Extrait d'un article de 2004 de Michel Lung et Bruno Comby, ingénieurs français, membres de l'Association des Écologistes Pour le Nucléaire (AEPN). Sur le site : [ecolo.org/documents](http://ecolo.org/documents)

Difficile de faire mieux ! Au point que les commentateurs critiques américains décrivent couramment l'administration Bush comme une véritable « **oilgarchy** » - une oligarchie pétrolière<sup>38</sup>.

Plusieurs d'entre eux collaboraient déjà avec le président George Bush père. Au total, la famille Bush, représentante directe des pétroliers texans et plus généralement des multinationales étatsuniennes intéressées au pétrole, a présidé les Etats-Unis d'Amérique pendant 12 des 16 dernières années<sup>39</sup>. Rappelons-nous la série télévisée américaine à grand succès dans laquelle un J.R., pas si caricatural qu'on a pu le croire, illustre les méthodes et la puissance de ce genre de personnages.

Permettez-moi de rappeler ma réaction peu après les attentats du 11 septembre 2001 contre les tours new-yorkaises. Cet article est paru dans le Bulletin-programme de l'asbl Au Progrès de Herstal de novembre-décembre 2001. En voici un extrait (le texte complet peut être consulté à l'Objethèque 'Au Progrès', rue Saint-Léonard, 112, 4000-Liège ouverte le mercredi de 14 à 18 heures ; il peut aussi vous être envoyé sur demande).

### ***Réflexions personnelles sur les attentats du 11 septembre 2001 et leurs suites.***

#### ***... À qui profite le crime ?***

*Question classique. Les médias la posent-ils ? Supposons que la « punition » ou l'acte de « vengeance » décidé par les USA contre le 'préssumé' coupable Ben Laden et l'Afghanistan, État 'préssumé' le soutenir ou au moins le cacher, atteigne son objectif. Il en résultera, après une occupation militaire plus ou moins longue de ce pays, son basculement dans le camp américain. Il en résultera que la voie du pétrole du Caucase et de cette région de l'Asie sera ouverte aux sociétés pétrolières américaines et anglaises ...*

*... Si l'intervention militaire en cours en Afghanistan échoue à faire basculer le pouvoir afghan dans le camp américain, je suis persuadé qu'il y aura dans les prochaines années, quelque part dans cette région du monde, une quatrième tentative<sup>40</sup>. Il y va de l'avenir des grandes multinationales américaines et anglaises du pétrole, donc probablement de celui du capitalisme dont le système de production dépend, dans la période actuelle, de l'énergie d'origine fossile (pétrole et gaz naturel) ...*

<sup>38</sup> Article : « Pas de sang pour du pétrole, pas d'essence avec Esso, Shell et BP ». 2003. Sur le site : non-violence.ch

<sup>39</sup> ... signalons (pour l'anecdote) l'initiative de la Ruckus Society (californienne) qui vient d'éditer un jeu de cartes inspiré de celui diffusé par les Etats-Unis en Irak. Il s'agit cette fois de figurer les 53 plus grands « profiteurs de guerre » (warprofiteers). On y trouve des dirigeants de l'industrie pétrolière, certains responsables politiques et des fabricants d'armes, citons pêle-mêle le vice-président Dick Cheney, ce bon Donald Rumsfeld, Paul Wolfowitz, M. Ashcroft et Condoleeza Rice. Cette initiative n'est peut-être pas d'un haut niveau de réflexion stratégique mais elle peut caractériser la manière dont sont perçus, par une partie de l'opinion publique américaine, les desseins gouvernementaux et leurs mobiles profonds.

Certains analystes vont jusqu'à dire que les guerres menées par les Etats-Unis depuis la chute du Mur de Berlin sont toutes menées sur les routes des oléoducs et gazoducs mais sont présentées comme des croisades pour la Démocratie et les Droits de l'Homme. Le président Clinton ne l'avait pas caché, déclarant que « la Caspienne est une zone d'intérêt stratégique pour les USA » et faisant étudier des projets d'oléoducs contournant la Russie et l'Iran, comme le projet Bakou (Azerbaïdjan) – Ceyhan (Turquie).

Article : « Le Monde, les Etats-Unis, la France » par le Général Jacques Larchet. In : 'Cahiers d'ARRI', n° 7 d'octobre 2003. Sur le site : arri.fr/cahiers.

Note VD : Plusieurs des projets du temps de Clinton sont aujourd'hui construits et en service, notamment l'oléoduc qui traverse la Géorgie en passant très près de la frontière de l'Ossétie du Sud ; le gazoduc parallèle dans la traversée de la Géorgie n'est pas encore en service.

<sup>40</sup> Cette tentative a eu lieu : l'invasion de l'Irak sous la présidence étatsunienne de George Bush II. Si elle ne peut atteindre ses objectifs, ce que l'orientation fin 2008 rend plausible, doit-on s'attendre à une cinquième tentative ?



... À court terme, à qui profite le crime ? À la stratégie des multinationales américaines et anglaises du pétrole ?

- Autre indicateur. Les États qui n'ont pas abandonné la production d'électricité par des surrégénérateurs sont la Chine, la Russie, l'Inde et le Japon. Aucun d'eux n'a de grande multinationale capitaliste pétrolière.
- Autre indicateur. ... (début des années 1970, aux E.U.A.), ..., une nouvelle législation sur la qualité de l'air rend plus difficile l'utilisation du charbon et favorise celle du pétrole<sup>41</sup>.

### \* Le pétrole est-il épuisable à court terme ?

Tous les jours, on lit, on entend dire

- \* que le pic mondial de production est imminent s'il ne fait pas déjà partie du passé,
- \* que les réserves mondiales nous permettront, par exemple, de satisfaire nos besoins pendant au maximum une trentaine d'années,
- \* plus généralement, que la pénurie mondiale est pour bientôt.

De quoi s'agit-il ?

#### Le pic pétrolier ou pic de Hubbert.

La théorie du pic pétrolier s'appuie sur un document publié en 1956 par Marion King Hubbert (1903-1984), un géologue du Texas qui travaillait pour la Société Shell. Il affirmait que la production des puits de pétrole était semblable à la courbe d'une cloche et une fois que le 'pic' était atteint, le déclin inévitable s'ensuivait. Selon ses prévisions, la production de pétrole aux Etats-Unis atteindrait son pic en 1970... Lorsque le rendement de l'extraction du pétrole commença à y diminuer autour de 1970, Hubbert y gagna une incontestable renommée.

Le problème est que le pic ne dépendait pas de l'épuisement des gisements de pétrole des Etats-Unis. Il y eut un « pic » *aux États-Unis* parce que Shell, Mobil, Texaco et les autres associés de Saudi Aramco (société d'Arabie saoudite à l'époque) inondèrent le marché des Etats-Unis avec des importations du Moyen-Orient très bon marché, exonérées de taxes douanières, à des prix si bas que plusieurs producteurs ... de la Californie et du Texas ne pouvaient plus concurrencer les grandes sociétés et furent forcés de fermer leurs puits »<sup>42</sup>.

Une prévision aussi précise que celle de Hubbert qui se réalise a rendu célèbres le concept de pic pétrolier et son concepteur. Le fait que les raisons ne furent pas géologiques comme prédit mais commerciales pesa très peu. Précisons d'ailleurs que ce concept s'applique quand seules interviennent des influences techniques, pour un puits ou un gisement (par exemple, celui de la mer du Nord qui a dépassé son pic), mais pas quand il s'agit d'un grand pays et encore moins du monde.

Le Peak Oil (PO) ou pic pétrolier mondial est situé d'après les experts que l'on dit être les plus optimistes (OPEP, gouvernements occidentaux, compagnies pétrolières) entre 2010 et 2030, quinze à trente ans plus tard pour le gaz<sup>43</sup>. Permettez-moi un avis sur ces 'experts', avis que vous ne partagerez peut-être pas : ils sont au service d'organismes intéressés à faire grimper les prix du pétrole.

<sup>41</sup> Page 28 de : « Recherche et production du pétrole et du gaz... Déjà cité.

<sup>42</sup> F. William Engdahl. La guerre et le « pic pétrolier ». Déjà cité. Sur le site : mondialisation.ca

<sup>43</sup> Sur le site : wiki.oleocene.org

Qu'en est-il vraiment ?

Laissons de côté, si vous le voulez bien, la théorie non biologique russe de l'origine du pétrole présentée précédemment par une citation de F. William Engdahl. Elle est si peu connue dans la partie du monde à laquelle nous appartenons qu'on la dénoncerait facilement comme inventée de toute pièce pour les besoins de la cause défendue.

Même en ne tenant compte que des données basées sur la théorie biologique de l'origine du pétrole, « la bonne nouvelle », comme dit Engdahl dans son article cité précédemment « est que les scénarios catastrophe qui annoncent une pénurie imminente de pétrole sont erronés ». Il ajoute : « La mauvaise nouvelle est que le prix du pétrole va continuer à augmenter ». Et bien entendu, les deux sont liés : l'annonce de pénurie -vraie ou fausse- entraîne une spéculation sur l'augmentation des prix, donc leur augmentation et ... celle des profits, but ultime des entreprises capitalistes que sont les multinationales pétrolières.

Voyons de plus près, non pas les élucubrations, mais les éléments de fait à notre disposition.

Concernant les réserves. Vers 1950, les réserves mondiales de pétrole étaient estimées à environ 140 années de production courante. Vingt ans plus tard, en 1970, elles n'étaient plus estimées qu'à environ 30 ans. Trente ans plus tard, en 2000, elles sont remontées à plus de 40 ans pour le seul pétrole conventionnel<sup>44</sup>. Que valent les estimations des soi-disant experts?

Quelques mots sur les quantités plutôt que sur le nombre présumé restant d'années de bon temps, je veux dire de bonne consommation et de bons profits.

... Très grossièrement, à la fin du XXe siècle, on peut considérer que la planète a recelé un peu plus de 3000 Gb (un gigabaril = un milliard de barils de 158,8 litres) dont 800 Gb (= 26 à 27%) déjà consommés, les seules quantités certaines. Les réserves prouvées de gaz restant à consommer ... s'élèvent à 4140 Tm<sup>3</sup> (un téra mètre cube = mille milliards de m<sup>3</sup>), soit environ 70 ans de production au rythme actuel, et l'on peut tabler sur des réserves ultimes doubles de ce chiffre<sup>45</sup>.

Que se cache-t-il derrière des vocables prétendument techniques tels que « réserves prouvées », « probables », « possibles » ? Une question fondamentale pour le système capitaliste, celle de profit à court terme.

... Les prix (du pétrole brut) ... sont le résultat des aléas d'une course ... entre le progrès technique d'une part et l'épuisement des réserves connues d'autre part<sup>46</sup>. ... En schématisant, il n'y a pas de limitation des ressources en hydrocarbures, mais *il est et il sera nécessaire* de faire appel à des techniques plus complexes au fur et à mesure de l'épuisement des gisements **à faible coût**. ... Les années 2010 devraient correspondre à une phase de transition du pétrole conventionnel (note VD : c'est-à-dire facile à extraire et donc bon marché) vers le pétrole non conventionnel<sup>47</sup>.

Remarquons, dans la citation ci-dessus, les mots : « *il est et il sera nécessaire de ...* ». Oui, je vois que vous avez compris et que vous vous souvenez ; on l'a déjà vu intervenir dans l'histoire de périodes précédentes. Le **besoin**, toujours lui, amène à des découvertes, des inventions, des innovations d'autant plus nombreuses qu'il est grand. C'est de cette façon que l'humanité résout les problèmes de développement sur lesquels elle bute.

<sup>44</sup> Page 26 de : « Recherche et production de pétrole et de gaz ». Déjà cité.

<sup>45</sup> Page 93 du même livre.

<sup>46</sup> Page 44 du même livre.

<sup>47</sup> Page 48 du même livre.

Peu à peu, progrès technologiques et incitations politiques aidant, ... nous sommes passés ... des pétroles faciles à produire, issus des Etats-Unis, d'Algérie et du Moyen-Orient, aux pétroles offshore (en mer peu profonde, sur le plateau continental qui longe le plus souvent les côtes), pour aujourd'hui nous tourner vers des pétroles extra lourds et vers l'offshore profond. Les quantités en place, ou ressources, d'huiles lourdes et extra lourdes sont considérables : de l'ordre de 4700 Gb (gigabarils = milliards de barils), soit environ quatre fois le montant estimé de réserves conventionnelles prouvées<sup>48</sup> !

Un exemple, historiquement récent, que l'évolution des techniques, parfois en jonction avec celle des prix, rend exploitables des gisements qui étaient connus mais qui ne faisaient pas partie des réserves prouvées. Le Venezuela possède dans la région appelée 'ceinture de l'Orénoque' d'immenses réserves de pétrole lourd et extra lourd. Le prix d'extraction de ce pétrole était estimé aux environs de 40 dollars dans les années 70 alors que le cours du pétrole brut tournait autour des 20 dollars. Le lourd était à cette époque économiquement inexploitable. Dix à vingt ans plus tard, les techniciens ont réduit de moitié le prix de son exploitation et les cours mondiaux ont grimpé.

Aujourd'hui, grâce à un début de mise en exploitation de ce pétrole lourd ajoutée à l'exploitation plus ancienne du pétrole léger conventionnel découvert dans une autre région du pays, le Venezuela est devenu un important exportateur mondial. D'autre part, ce pays déclare des réserves colossales de 315 milliards de barils, dont 235 situés dans la ceinture de l'Orénoque, soit ... plus ou moins 20% des réserves mondiales. Ceci ferait du Venezuela le pays possédant les plus grosses réserves mondiales de pétrole bien avant l'Arabie saoudite !<sup>49</sup>

De telles capacités et leur proximité des Etats-Unis met le Venezuela en péril de « déstabilisation » ou/et d'invasion peut-être bien plus grand que l'Iran qui pourrait bien servir de rideau de fumée, de diversion, pendant que la prochaine attaque se préparerait contre le Venezuela. La raison de ce péril est la même pour les deux pays, l'importance des réserves de pétrole rentable que convoitent les multinationales pétrolières étatsuniennes. Au moment où ce texte est rédigé (été-automne 2008), de très graves mesures de déstabilisation, même des menaces de sécession, contre le gouvernement Chavez se développent dans les régions riches du pays. Prélude à un appel au secours de la part de ces sécessionnistes en direction du grand frère étatsunien ?

Autre exemple. Le Canada possède d'immenses réserves de sables dits bitumineux ou asphaltiques, exploitables à ciel ouvert. Le pétrole qu'on peut en tirer a un prix de revient sérieusement plus élevé (70 à 95 dollars le baril en 2005) que celui du pétrole lourd et du pétrole extra lourd. Mais les progrès technologiques et l'évolution des prix ont permis à Shell et Total d'en commencer l'exploitation<sup>50</sup>.

---

<sup>48</sup> Page 101 du même livre.

<sup>49</sup> Article : « Réserves de pétrole du Venezuela ». Sur le site : [wikipedia.org](http://wikipedia.org). (28 mars 2008). Source déclarée des renseignements donnés par ce site : Site vénézuélien : [Aporrea](http://Aporrea) (en espagnol).

<sup>50</sup> Sur le site : [wiki.oleocene.org](http://wiki.oleocene.org) (25 janvier 2007).

### **d) Et à l'avenir ?**

On a vu qu'une pénurie d'énergie ne nous pend pas au nez. Les réserves souterraines, fossiles et nucléaires, sont encore très abondantes et le génie humain est capable de mettre au point, au fur et à mesure des besoins, les moyens techniques de mettre à notre disposition celles qui sont aujourd'hui indisponibles.

Le frein réel à l'utilisation grandissante des combustibles dans le vrai sens du mot, c'est-à-dire des matières qui fournissent de l'énergie en brûlant et en dégageant du gaz carbonique, ne vient pas d'une pénurie de réserves, mais des risques pour notre environnement résultant de leur utilisation. On a vu que les scientifiques sont loin de penser unanimement que l'utilisation de plus en plus importante de combustibles est responsable de la dégradation de l'environnement.

De toute façon, s'il n'y avait pas d'autres perspectives de mettre de grandes quantités d'énergie à notre disposition, le jour finirait bien par arriver où les réserves souterraines commenceraient à manquer si on admet que leur quantité est limitée.

**Or, il y a d'autres perspectives.** Certaines sont encore très hypothétiques ; plus exactement, on ignore si et quand le génie humain inventera des moyens de les mettre en valeur. D'autres par contre sont déjà en application ou à des stades de recherche très avancés.

Il s'agit de :

- \* la transformation directe de la part de l'énergie solaire qui arrive sur la terre en une autre énergie utilisable par l'homme, telle que la chaleur, l'électricité, l'énergie chimique, l'énergie mécanique peut-être ou une autre énergie encore inconnue;

- \* la fusion nucléaire qui produirait de la chaleur, de l'électricité comme le fait maintenant la fission nucléaire;

- \* la photosynthèse qui produirait de la matière hydrocarbonée,

- \* la mise à notre disposition de la part de l'énergie solaire que l'atmosphère empêche d'arriver sur la terre.

#### **La transformation directe d'une part de l'énergie solaire qui arrive sur la terre en une autre énergie utilisable par l'homme.**

Sous ce long titre, se dissimulent des utilisations déjà bien connues. L'énergie solaire qui arrive aux environs de la terre et celle qui l'atteint sont différentes en nature et en quantité. L'atmosphère absorbe et/ou renvoie une grande partie de cette énergie. Nous n'avons actuellement accès qu'à la fraction de l'énergie solaire que l'atmosphère laisse passer, mais pouvons-nous imaginer de quoi le génie humain se montrera capable à l'avenir?

Quelle est cette fraction de l'énergie solaire que l'atmosphère laisse arriver jusqu'à nous ? Quelle est son importance comparée aux autres sources d'énergie que nous avons déjà examinées ? De quoi se compose-t-elle et que pouvons-nous en faire ? Les scientifiques ont les réponses à ces questions. De multiples réalisations existent un peu partout dans le monde. Jusqu'à présent, à échelle réduite.

« La terre reçoit 10.000 fois la quantité d'énergie nécessaire actuellement... »

Hubert Reeves. Mal de terre.

Édition 2003, page 90.

(La même année, la quantité reçue par la Belgique égale la demande mondiale).

### **L'énergie solaire qui arrive sur la terre.**

« ... en d'autres termes, capter 0,01% de cette énergie nous permettrait de nous passer de pétrole, de gaz, de charbon et d'uranium : c'est dire l'importance qu'elle prend dès qu'on parle de pénurie d'énergie. Cela fait un certain temps que l'homme caresse l'idée d'exploiter cette énergie significative »<sup>51</sup>.

« ... l'utilisation de cette énergie, quelle qu'en soit l'échelle, ne demande aucune grande découverte scientifique préalable... Elle demande simplement un certain nombre d'améliorations technologiques et une politique d'investissement qui permette d'abaisser les coûts. Ce sont des facteurs économiques, politiques et sociaux qui joueront donc, pour une grande part, le rôle décisif »<sup>52</sup>.

On est amené à se poser à nouveau la question : pourquoi n'a-t-on pas développé à grande échelle l'exploitation d'une source d'énergie si abondante, si durable, dont on maîtrise la technologie depuis des dizaines d'années, qui ne génère aucun déchet, ni solide, ni gazeux (pas de gaz carbonique) et qui ... « s'intègre à l'équilibre thermique de la planète, qu'elle soit ou non utilisée un bref instant par les hommes ? C'est la seule source qui ne contribue pas à la pollution par la chaleur »<sup>53</sup>.

La réponse n'est pas différente de celle donnée précédemment pour d'autres sources d'énergie. L'humanité n'avait pas un besoin urgent d'une nouvelle source d'énergie et les pétroliers, maîtres du marché, ont tout fait pour empêcher toute espèce de concurrence, ou en tout cas la freiner au maximum.

Ces retards à utiliser massivement l'énergie solaire ont des conséquences très importantes. Plus on aura tardé et plus il faudra faire vite, voire dans la précipitation, et plus importants seront les moyens à mettre en œuvre.

Deux exemples imagés permettront de saisir le côté gravissime de ces conséquences.

- Exemple de l'incendie. Dans les premières secondes du déclenchement d'un incendie dans un immeuble ou une usine, un verre d'eau suffirait souvent à l'éteindre. Après une minute, un litre ou un seau suffirait. Plus tard, il faudra des citernes pleines et des dizaines de pompiers.
- Exemple du problème du fermier, de l'étang et du nénuphar<sup>54</sup> que nous a récemment cité Albert Hermant.

« Sur un étang, un nénuphar double de taille tous les jours. En trente jours, la totalité de l'étang sera couverte et plus aucune autre créature ne pourra y vivre.

« Le fermier voudrait bien empêcher cette invasion mais il a trop d'autres choses à faire, il décide d'attendre pour agir que la plante ait couvert la moitié de l'étang. Question : quel jour

<sup>51</sup> Jean-Marc Jancovici. Avril 2003. Site : manicore.com

<sup>52</sup> Harry Lustig, physicien autrichien, dans : 'Le Courrier de l'Unesco' n° 01/1974, page 4.

<sup>53</sup> Même référence, page 12.

<sup>54</sup> Peter E. Glaser. Article : Les promesses du soleil, dans : Le Courrier de l'Unesco n° 01/1974, page 16.

le nénuphar en sera-t-il là ? Réponse : le vingt-neuvième jour. C'est-à-dire que le fermier aura tout juste une journée pour sauver son étang.

« Notre société va se trouver devant un problème de ce genre : nous commençons tout juste à le réaliser [Note VD : ce texte a été écrit en 1974]... Le problème est le suivant : notre société a-t-elle atteint un niveau de sophistication suffisant pour utiliser l'énergie solaire et en tirer ce bénéfice global à long terme qui ne nuirait pas à l'équilibre de la nature ?... »

Avant d'aborder les utilisations possibles de cette énergie solaire, voyons de quoi il s'agit. La terre ne reçoit qu'une partie du rayonnement solaire qui arrive dans ses environs. Une partie importante est arrêtée par l'atmosphère, notamment les particules et une grande partie du rayonnement ultraviolet qui seraient dangereux pour le genre de vie qui s'est développé sur la terre.

La partie qui arrive sur terre est composée, pour presque la moitié, par le **rayonnement infrarouge chauffant** (46 %), également pour presque la moitié, par la **lumière visible** par les yeux humains (les couleurs de l'arc-en-ciel) (45 %) et un peu d'ultraviolet que nos yeux ne voient pas mais qui les brûle (9 %).

L'intensité n'est pas la même partout. En effet, à l'équateur, les rayons du soleil tombent perpendiculairement à la terre. Plus on s'éloigne de l'équateur et se rapproche des pôles, plus les rayons sont obliques et donc plus dispersés. La répartition dans l'année n'est pas non plus la même partout. À l'équateur, le jour et la nuit ont la même durée toute l'année. Plus on s'en éloigne, plus grande est la différence de durée du jour entre l'hiver et l'été.

De ces constatations, on pourrait déduire que les zones équatoriales sont celles qui reçoivent le maximum de radiation et de la façon la plus régulière dans l'année. Ce n'est pas le cas parce que la couverture nuageuse joue un rôle de filtre. Or, les régions équatoriales sont, dans l'ensemble, humides. Les régions les plus favorables proches de celles où, actuellement, la consommation d'énergie est la plus importante s'étendent

- pour l'Europe : des zones désertiques et semi désertiques de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient jusque vers le milieu de la France et les régions européennes situées aux mêmes latitudes ;
- pour les Etats-Unis : il s'agit des zones désertiques et semi désertiques de ce pays.

La situation est la même dans l'hémisphère sud. Les zones les plus favorables ne sont pas situées près de l'équateur à cause de la couverture nuageuse mais dans les régions désertiques et semi désertiques plus proches des tropiques.

### **Comment utiliser cette énergie solaire ?**

Elle se compose de deux types de radiation que nous percevons différemment et que nous pouvons utiliser de façon différente. En quoi diffèrent-elles? Les radiations visibles et surtout les ultraviolettes qui sont plus courtes sont de plus haute intensité que les radiations infrarouges. La physique l'explique très bien mais ce genre d'explication sort du cadre du présent travail.

#### **Les radiations chauffantes infrarouges, ...**

... les moins énergétiques, sont déjà bien utilisées pour fournir la chaleur, surtout pour chauffer l'eau et les logements (sans oublier les séances de bronzage sur les plages estivales !). On les utilise sous nos latitudes et plus au nord, au Danemark, en Suède, etc. Les radiations réchauffent un fluide caloporteur (transporteur de chaleur) pour chauffer, soit un ballon tampon, c'est-à-dire une réserve de fluide chaud, soit directement un ballon d'eau

sanitaire<sup>55</sup>. Quatre mètres carrés de panneaux solaires thermiques, un carré de deux mètres sur deux, permettent de satisfaire les besoins en eau chaude d'un foyer de quatre personnes.

Des utilisations industrielles ont été mises au point depuis longtemps pour obtenir des températures élevées grâce à la concentration des rayons infrarouges au moyen de miroirs paraboliques. Avant de citer quelques installations industrielles, voyageons dans un lointain passé<sup>56</sup>.

« Depuis l'invention des Jeux Olympiques en 776 avant notre ère, la flamme est toujours allumée par les Dieux : c'est avec une parabole solaire que la flamme est allumée. C'est toujours le cas actuellement ».

Archimède, environ 250 ans avant notre ère, comme on l'a vu précédemment, mit au point un système de miroirs pour incendier la flotte romaine qui assiégeait Syracuse en Sicile, colonie grecque.

Plus près de nous, Antoine Lavoisier (1743-1794), chimiste et physicien français, fabriqua un four solaire pour fondre du platine ; ce four chauffait déjà à 1.755° C<sup>57</sup>. Le four solaire d'Odeillo, bâti en 1970 dans les Pyrénées françaises, permet d'atteindre des températures de 3.500° C.

Les radiations solaires chaudes permettraient de remplacer tous les autres moyens utilisés pour chauffer les logements et pour leur fournir l'eau chaude nécessaire. Le fait que cette source n'est pas continue – il n'y a pas de soleil la nuit, elle chauffe peu quand le ciel est couvert – n'est pas un obstacle puisqu'on peut stocker de la chaleur dans des réservoirs liquides (eau, eau fortement salée, etc.) ou solides (briques et autres matériaux). On verra que les possibilités de stocker l'énergie utilisable par l'homme obtenue au départ de la lumière, l'autre partie des radiations solaires, sont nettement plus complexes.

Des installations permettent, par évaporation-ébullition, de dessaler l'eau de mer dans des régions arides. D'autres permettent de fabriquer de l'électricité en transformant de l'eau en vapeur sous pression qui actionne une génératrice d'électricité. C'est d'ailleurs par ce moyen que les autres sources d'énergie étudiées précédemment fabriquent de l'électricité.

D'autres domaines industriels pourraient être cités dans lesquels les radiations infrarouges ont été utilisées. Mais en dehors du chauffage et de l'approvisionnement de logements en eau chaude, aucune industrie importante à l'échelle d'un pays n'existe à ma connaissance. Il est vraisemblable que ce type d'industries ne fournira jamais une part importante de l'énergie nécessaire à la société humaine. Quoique ... (on verra plus loin une possibilité). J'imagine cependant très bien des cités futures où tout le chauffage des logements et de toute l'eau sanitaire proviendrait de cette source.

### **La lumière et l'ultraviolet ... 'Nous sommes nés de la lumière...'**

... constituent la partie la plus énergétique de l'énergie solaire qui arrive sur la terre. D'autres radiations encore plus énergétiques, comme les rayons X, sont bloquées par l'atmosphère ; si tel n'était pas le cas, la vie comme nous la connaissons n'aurait pas pu se développer *sur la terre*.

C'est l'énergie lumineuse qui permet aux plantes vertes, chlorophylliennes, par la photosynthèse, de fabriquer leurs cellules vivantes au départ du gaz carbonique contenu dans l'air. La quantité de gaz carbonique contenue actuellement dans l'air avoisine les 385 parties par million à mi-2008 (soit 0,0385%). Il n'y en a pas toujours eu si peu ! Le rapide survol en superjet qui suit le rappelle.

<sup>55</sup> Site : [vercors-energies-renouvelables.com/solaire](http://vercors-energies-renouvelables.com/solaire)

<sup>56</sup> André Deslandes, Revue 'Silence' n° 206-207/1996. Site : [inti.be/ecotopie/sol](http://inti.be/ecotopie/sol)

<sup>57</sup> À titre de comparaison : le fer fond à 1538° C.

L'atmosphère s'est formée autour de la terre, il y a plus de quatre milliards et demi d'années, nous disent des savants. Elle était composée essentiellement de vapeur d'eau, plus de 80 %. Le reste était du gaz carbonique et de l'azote, le premier étant 2,4 fois plus abondant que le second. Selon d'autres, abstraction faite de la vapeur d'eau, il y aurait eu 98% de CO<sup>2</sup> et 1,9 % d'azote. Un milliard d'années plus tard, l'atmosphère s'étant refroidie, la vapeur d'eau s'est condensée et a formé les océans. L'atmosphère est alors composée d'environ 60% de gaz carbonique et 40 % d'azote. La vie apparaît d'abord sous l'eau puis sur la terre et la photosynthèse absorbe du gaz carbonique et dégage de l'oxygène. Ce gaz carbonique est transformé en carbone organique par l'intermédiaire des plantes vertes, chlorophylliennes, qui servent de nourriture aux animaux 'plantivores' qui servent de nourriture aux carnivores qui ... etc. Les plantes enfouies dans le sol se sont transformées par l'action de fortes pressions et d'une haute température en charbon, en pétrole, etc. Tout ce qui constitue la matière vivante sur la terre procède du gaz carbonique et de la lumière du soleil. Cependant, d'après certains auteurs, ce ne serait pas la cause principale de la baisse du taux de CO<sup>2</sup> dans l'atmosphère, mais bien la formation des roches calcaires, troisièmes plus abondantes roches sédimentaires après les schistes et les grès<sup>58</sup>.

La lumière du soleil, à l'origine de la vie sur terre, l'éclairera encore quelques milliards d'années, sauf catastrophe cosmique. Elle y restera la source principale d'énergie disponible pour les humains et pour les espèces intelligentes qui viendront après eux si, comme des savants naturalistes nous le disent, les espèces mammifères ont une durée de vie de quelques millions d'années, la nôtre étant apparue il y a environ un quart ou un cinquième de million d'années, et qu'elles donnent naissance à d'autres espèces mieux adaptées aux conditions de vie de leur époque.

On sait capter la lumière et la transformer directement en électricité par des cellules **photoélectriques**. On les utilise depuis longtemps par exemple comme interrupteurs d'électricité : ouverture automatique de portes, mise en route automatique d'escalators, détecteurs de mouvement, etc.

L'effet photoélectrique a été découvert en 1839 par Antoine Becquerel (1788-1878), physicien français, mais l'utilisation n'a commencé que cent ans après dans le domaine spatial et encore trente ans plus tard dans des applications civiles terrestres. Cent trente ans après la découverte, nous sommes aux années 1970 et au premier choc pétrolier. Pourquoi si longtemps après la découverte ? Aie aie aie, il va encore parler du **besoin** ! Ben oui...

Le mot **photovoltaïque** (il vient du nom d'Alessandro Volta -1745-1827-, physicien italien, inventeur de la pile électrique) est utilisé plutôt quand il s'agit de production continue d'électricité. Les cellules photovoltaïques sont bien connues et popularisées. En une très courte période, les médias occidentaux se sont mis à informer la population sur les avantages de cette façon de produire de l'électricité. Les gouvernements occidentaux ont mis en place des politiques d'incitation financière à son utilisation, sous forme de primes et de déductions fiscales, politiques nécessaires si les politiciens veulent que cette technologie se répande rapidement. Sans ces politiques, le prix de revient réel *actuel* du photovoltaïque rendrait prohibitive son utilisation par les particuliers. De grandes sociétés qui attachent beaucoup d'importance à leur image publique font de la publicité sur leurs efforts de réduction de l'effet de serre grâce au placement de panneaux photovoltaïques. Citons la « plus grande installation

<sup>58</sup> Quelques références : James Lovelock, « Les âges de Gaia »

Site : [appli-etna.ac-nantes.fr](http://appli-etna.ac-nantes.fr) :8080

Site : [futura-sciences.com/fr/news/t/terre-3/d/co2-et-histoire-de-l-atmosphere-terrestre\\_2488](http://futura-sciences.com/fr/news/t/terre-3/d/co2-et-histoire-de-l-atmosphere-terrestre_2488)

Site : [volodalen.com/13physiologie/oxygene](http://volodalen.com/13physiologie/oxygene)

Site : [evolution.biologique.free.fr/histoire/bacterie/atmosphere](http://evolution.biologique.free.fr/histoire/bacterie/atmosphere)



photovoltaïque du monde sur toiture », équipée de 85.000 panneaux photovoltaïques, mise en service fin 2008 par General Motors sur son usine de Figueruelas près de Saragosse et qui est d'une puissance de 10 mégawatts. Les usines productrices d'automobiles rivalisent dans ce domaine, sans doute en liaison avec le reproche qui leur est fait d'être, par leurs fabrications, les plus grands producteurs au monde de gaz carbonique.

On sait moins que, depuis des dizaines d'années, des organismes d'aide au développement de régions très pauvres ont installé des panneaux photovoltaïques dans des régions isolées d'Afrique subsaharienne, d'Amérique latine, ... De tels panneaux dont l'utilisation est extrêmement simple permettent, par exemple, d'actionner une pompe qui remonte l'eau du sous-sol sans demander aucun combustible. Dans leur état actuel, leur très faible puissance limite la taille des groupes humains qui les utilisent.

Avant de parler des développements futurs que l'on peut envisager, tâchons de comprendre ce qu'est une cellule photovoltaïque et quelles en sont les contraintes. Cette technologie est appelée, à mon sens, à de très grands développements, seule ou, peut-être, avec d'autres encore à inventer qui permettraient également de transformer directement en électricité une part croissante de l'énergie solaire qui atteint la terre.

Une cellule photovoltaïque est composée essentiellement d'un matériau semi-conducteur<sup>59</sup>. Elle capte l'énergie lumineuse du soleil et la transforme en courant électrique **continu**. La matière première la plus utilisée est actuellement la silice (corps chimique : silicium), composant principal du sable et du quartz. Le sable est aussi la matière première utilisée pour fabriquer le verre. Il y en a partout et à très bon marché. Aucun risque de pénurie de matière première. Mais la technologie de fabrication des cellules au départ de la silice n'est *actuellement* pas simple d'où un prix de revient encore élevé. Comptons cependant sur savants, techniciens et industriels pour simplifier la technologie et, avec l'augmentation des quantités fabriquées, pour réduire les prix. Des semi-conducteurs en plastique déjà utilisés dans d'autres domaines, notamment dans des instruments médicaux, ont un prix de revient nettement plus bas mais un rendement en électricité encore trop faible pour les utiliser pour produire d'importantes quantités d'électricité. Après amélioration de leurs performances, ils permettront de réaliser des surfaces souples, bon marché, pourquoi pas transparentes, ce qui permet d'imaginer dans un proche futur des habitations alimentées en électricité par les vitres.

Les cellules photovoltaïques n'ont pas de pièce mobile, pas de liquide (pas de risque de fuite) ; elles ne s'usent pas, servent des dizaines d'années sans autre entretien que, dans les régions polluées, un lavage annuel. En résumé, elles sont pratiques et très bon marché à l'usage. Leur rendement est déjà bon, actuellement 10 à 15 % de l'énergie que les cellules de production reçoivent sont transformés en électricité, davantage en laboratoire. Comptons sur les mêmes que plus haut et sur le progrès technique pour augmenter sensiblement ce rendement, peut-être en recourant à une autre matière première que la silice.

Pour amener l'électricité produite jusqu'aux appareils électroménagers et autres appareils utilisateurs, il faut la transformer en courant alternatif, l'amener au voltage qui convient aux appareils et l'y transporter, ce qui se fait par une installation électrique simple. Sous nos latitudes et avec notre climat, un mètre carré de cellules photovoltaïques produit annuellement de 80 à 100 kilowattseure (kWh) d'électricité. Or, la consommation annuelle moyenne d'un ménage moyen belge (2,4 personnes) est de 2.000 kWh<sup>60</sup>, sans cuisson des aliments, sans chauffage ni eau chaude sanitaire. Il s'ensuit que 20 à 25 m<sup>2</sup> en moyenne par logement suffisent, soit un panneau carré de 4,5 à 5 mètres de côté. N'oublions cependant pas que le soleil ne nous envoie pas de lumière en permanence ce qui oblige à maintenir la liaison et d'assurer des échanges avec un réseau public de distribution d'électricité.

<sup>59</sup> Dans un conducteur, par exemple un fil de cuivre, le courant électrique passe dans les deux sens. Dans un semi-conducteur, il ne passe que dans un sens.

<sup>60</sup> Source : CWaPE (Commission Wallonne pour l'Énergie). 2003.

L'éclairage public équipé d'ampoules à basse consommation pourrait par contre devenir autonome, chaque lampe ayant son propre panneau photovoltaïque et son propre accu. Il existe des réalisations, y compris en Belgique (notamment, l'éclairage le long du Stade Baudouin à Bruxelles). Les kilomètres et kilomètres de conduites en cuivre qui parcourent nos routes, nos villes et nos villages pourraient un jour disparaître et le métal réutilisé.

**Mais pour l'industrie ? Mais pour les transports publics électriques, trains, trams** (éventuellement pour les transports privés par voiture électrique)? On a vu que d'énormes possibilités de captation d'énergie solaire et de transformation en électricité existent dans les zones désertiques et semi-désertiques du Nord de l'Afrique et du Moyen-Orient pour ce qui concerne les besoins européens. Produire de l'électricité en grande quantité au départ de l'énergie solaire n'est pas le problème à résoudre. Il l'est. Que ce soit directement en transformant la lumière par des panneaux photovoltaïques ou indirectement en concentrant les rayons chauffants pour obtenir de la vapeur sous pression qui alimente des centrales électriques traditionnelles.

Mais il faut pouvoir transporter l'électricité en permanence et en grandes quantités sur quelques milliers de kilomètres. Les deux problèmes cruciaux à résoudre sont le **stockage** et le **transport**. Où en est-on ?

**Stockage.** On ne connaît aujourd'hui aucun moyen de stocker économiquement l'électricité en quantités suffisantes pour alimenter industries et transports publics électriques. Par contre, on sait le faire avec une autre forme d'énergie, la chaleur. La seule solution qui apparaît avec nos connaissances actuelles serait de produire pendant les heures où le soleil éclaire les régions propices, non seulement la quantité d'électricité nécessaire à ce moment, mais en plus une réserve de chaleur suffisante pour produire l'électricité nécessaire quand le soleil ne les éclaire plus. Par exemple, sous forme de vapeur d'eau sous pression.

De l'eau au Sahara ? Il n'y en a pas ou très peu en surface. Mais énormément sous la surface. Une mer souterraine y existe. Le profond « Continental Intercalaire » (CI) s'étend sur, ou plutôt sous, trois pays, Algérie, Tunisie, Libye, sur une surface d'environ 600.000 kilomètres carrés (presque la superficie de la France, de la Belgique et des Pays-Bas réunis !)<sup>61</sup>. C'est de l'eau « fossile », accumulée dans des nappes, héritage liquide d'un climat disparu. Au fond de ces nappes, dont la profondeur atteint parfois quatre kilomètres, se trouve de l'eau pure, non salée, « vieille » de plusieurs millions d'années<sup>62</sup>. Rien que pour la partie libyenne, les réserves sont estimées très grossièrement à 120.000 kilomètres cubes. Pourquoi citer spécialement la Libye ? C'est le premier pays qui a réalisé un grand projet.

La Libye, de son nom officiel traduit en français, Grande Jamahiryya (mot traduit habituellement par 'République') arabe libyenne populaire et socialiste, y puise, un peu à la façon dont on y extrait le pétrole de la terre, des quantités énormes pour assurer les besoins en eau d'une population passée en quelques dizaines d'années de 1,5 à 5 millions et qui vit au nord d'un pays particulièrement pauvre en eau de surface. En 1983, a commencé la construction de la « Grande Rivière artificielle », huitième merveille du monde aux yeux des Libyens, « rêve chimérique » du colonel Kadhafi pour les détracteurs. Des canalisations en béton de quatre mètres de diamètre (un métro y passerait), longues au total de 3.500 kilomètres. La première phase a été mise en eau en 1991, la seconde en 1996<sup>63</sup>. Deux grandes canalisations, l'une qui part du sud saharien libyen occidental, l'autre du sud saharien libyen

<sup>61</sup> Extrait de la Lettre n° 16 Programme International Géosphère Biosphère – Programme Mondial de Recherches sur le Climat (PIGB-PMRC). Sur le site : [cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/biblio/pigb16/05\\_nappes](http://cnrs.fr/cw/dossiers/dosclim/biblio/pigb16/05_nappes)

<sup>62</sup> Amy Otchet. Dans : 'Le Courrier de l'Unesco', n° 02/2002.

<sup>63</sup> Noté le 26 /2/2009 sur le site : [wikipedia.org/wiki/Grande\\_rivi%c3%a8re\\_Artificielle](http://wikipedia.org/wiki/Grande_rivi%c3%a8re_Artificielle)

oriental, vont être reliées l'une à l'autre, car après des années de fonctionnement, des entretiens importants s'imposent. Des prélèvements sur cette mer souterraine ont également lieu en Algérie et en Tunisie, à petite échelle en comparaison de la Libye.

Concluons sur la production possible d'électricité en grandes quantités en Afrique du Nord et/ou au Moyen-Orient ainsi que sur le stockage pendant la journée de réserves de chaleur à transformer en électricité la nuit. Faudra-t-il des installations totalement voltaïques ou totalement thermiques ou des installations mixtes ? Aux techniciens et aux financiers de l'évaluer.

**Transport.** On transporte actuellement l'électricité par des câbles aériens ou souterrains. Plus grande est la distance, plus grandes sont les pertes. Elles sont diminuées si le courant électrique est transporté à de très hauts voltages, mais les interférences avec des conséquences pour la santé ont lieu entre les câbles aériens et le sol, ce qui limite les voltages dans les régions habitées, pratiquement partout le long de la Méditerranée et en Europe. Les câbles souterrains peuvent être blindés pour éviter des interférences, mais alors ils coûtent beaucoup plus.

Utopie que de transporter de l'électricité depuis l'Afrique du Nord ou le Moyen-Orient jusqu'aux zones les plus industrialisées d'Europe ? Que non, même avec les moyens traditionnels de transport que sont les câbles ! Des transports à longue distance par câbles aériens ont déjà été réalisés. Voici les records mondiaux successifs de distance. En 1965, au Canada, transport sur une distance de 1.100 kilomètres à 735.000 volts au-dessus de zones presque inhabitées. Au Congo (Kinshasa), une première ligne, de la centrale électrique d'Inga I, près de la capitale sur le fleuve Congo, jusqu'à Kolwezi au Katanga, où est extrait le minerai de cuivre, a été mise en service en 1972, puis au départ d'Inga II en 1982. La distance est de 1.700 kilomètres et le voltage d'environ 500.000 volts lors de la première phase<sup>64</sup>. En Algérie, en novembre 2007 a commencé la construction d'une installation hybride de production d'électricité dans la zone gazière de Hassi R'mel (Sahara). Elle est composée d'une centrale à gaz de 150 mégawatts de puissance et d'une centrale solaire de 30 mégawatts. En même temps, a commencé l'installation d'une connexion électrique de 3.000 km entre Adrar (Sahara algérien) et Aix-la-Chapelle, en Allemagne, à quelques dizaines de kilomètres d'ici<sup>65</sup>. Je n'ai pas trouvé l'indication du voltage prévu, mais la perte serait de l'ordre de 10 % sur 3.000 km ce qui semble économiquement supportable (en sachant que d'importants gains sont encore possible)<sup>66</sup>.

**Stockage et transport sous forme d'hydrogène.** Une telle solution est également envisagée. Elle consisterait à utiliser l'électricité (ou une partie seulement) sur place pour produire de l'hydrogène. La matière première la plus économique est le pétrole, le gaz ou le charbon. C'est aussi possible par hydrolyse d'eau, mais c'est plus cher particulièrement en consommation d'électricité, et le rendement est moindre. La technologie mise en œuvre est simple quelle que soit la matière première. Le transport de l'hydrogène est beaucoup plus facile que celui de l'électricité. Il peut se transporter sur des distances de milliers de kilomètres comme le gaz naturel sous forme gazeuse. Il le pourrait aussi sous forme liquide mais la température de liquéfaction de l'hydrogène est encore presque cent degrés plus basse que celle du gaz naturel ; cela coûterait très cher. Il y a mieux ; on peut profiter de la faible densité de ce gaz pour le compresser et utiliser ainsi les gazoducs comme moyen de stockage.

---

<sup>64</sup> Noté le 22/7/2008 sur le site : [mediacongo.net](http://mediacongo.net)

<sup>65</sup> Article de Hervé Kempf dans 'le Monde' du 18/11/2007.

<sup>66</sup> Dominique Lemoine, politicien français, sur le site : [cap21lab.ning.org/group/energie](http://cap21lab.ning.org/group/energie)

1.500 kilomètres de gazoduc d'hydrogène sont déjà installés en Europe du Nord pour des besoins industriels.

Quelles raisons aurait-on de se priver de cette possibilité? La principale vient du fait qu'en tenant compte de toutes les pertes introduites par les diverses conversions (électricité produisant de l'hydrogène, transport, stockage, puis hydrogène produisant de l'électricité en le brûlant), on ne récupère que 30 à 40% de l'énergie de départ<sup>67</sup>. Techniquement possible, économiquement douteux.

### **Conclusion pratique proposée sur le photovoltaïque.**

Les réalisations se multiplient et très vite. Depuis quelques années, on annonce régulièrement quelque part sur notre planète la construction de l'installation la plus puissante du monde et les progrès dans le domaine de la puissance sont extrêmement rapides : de moins de 10 mégawatts de puissance électrique à plus de 500 en cinq ans. Il n'y a encore aucune commune mesure entre les puissances voltaïques installées et prévues et celles des centrales nucléaires dont la plus importante développe 5.000 mégawatts. Mais un véritable début d'engouement se dessine. On est entré dans l'ère de l'utilisation directe de l'énergie solaire à grande échelle. Il existe de réelles possibilités que cette énergie soit celle de la véritable révolution énergétique qui garantira à l'humanité un développement durable sans épuiser davantage les ressources naturelles et sans ajouter sa part de pollution aux autres activités.

Voici les dernières centrales voltaïques dont j'ai trouvé mention<sup>68</sup> (un module comprend en général 36 cellules) :

- Centrales mises en service en 2007 : Serpa, Portugal : 11 MW ; Bavaria solarpark, Allemagne : 12 MW ; Murcia, Espagne : 14 MW ; Las Vegas, Etats-Unis : 18 MW ; Beneixama : Espagne : 20 MW ; (Middelkerke, Belgique : 1,3 MW, plus grand parc solaire de Belgique).
- Mises en service en 2008 : Amareleja, Portugal : 46,41 MW, centrale composée de 262.000 modules.
- Mises en service prévues en 2009 : Brandis, Allemagne : 40 MW, 550.000 modules à couches minces (CIS) ; Moura, Portugal : 62 MW, 350.000 modules.
- Un « ranch » solaire en Californie, Etats-Unis : 250 MW, mise en route prévue progressivement de 2010 à 2012. Une ferme solaire, Topaz Solar Farm, à San Luis Obispo, Californie (Etats-Unis) : 550 MW, mise en route prévue progressivement de 2011 à 2013.

Dans la description d'une installation en construction, j'ai lu que la seule usine au monde capable de fournir dans les délais les centaines de milliers de modules photovoltaïques nécessaires était la chinoise Suntech Power Holding (8.000 travailleurs en 2008 dont 240 scientifiques<sup>69</sup>). Il existerait en Chine plus de 200 fabricants de modules photovoltaïques<sup>70</sup>. Quelles sont les installations de production d'électricité en Chine ? Mes (in)capacités linguistiques m'empêchent de répondre à cette question. Mais j'ai quand même trouvé ceci: en 2008, a été ouvert au public le projet GreenPix, le premier (en Chine ?) système photovoltaïque intégré dans une façade en verre<sup>71</sup>.

Une nouvelle du progrès technique dans la fabrication des cellules qui aura une énorme influence sur le coût: l'impression des cellules au mètre comme un journal. C'est un

<sup>67</sup> François Bugeon. 25 janvier 2009. L'énergie n'est pas le problème. Texte édité par 'La Forge', think tank indépendant français de gauche sur le site : [la-forge.info/2009/01/25/prospective-lenergie-nest-pas-le-probleme](http://la-forge.info/2009/01/25/prospective-lenergie-nest-pas-le-probleme)

<sup>68</sup> Site : Wikipedia : Centrale solaire photovoltaïque. Dernière modif : 15/2/2009.

<sup>69</sup> Site : [papierdechine.ch/site/article.php?id=2043](http://papierdechine.ch/site/article.php?id=2043)

<sup>70</sup> Site : [trade.enf.cn/fr/panels](http://trade.enf.cn/fr/panels)

<sup>71</sup> [Chine-nouvelle.com/presse/article/3390/](http://Chine-nouvelle.com/presse/article/3390/)

peu le grâal du photovoltaïque. Des Australiens sont sur le point d'y arriver à moins que ce ne soit déjà chose faite<sup>72</sup>. Cela me rappelle l'invention, il y a plus de cent ans (en 1903) par le 'bricoleur' étatsunien d'origine franco-canadienne King Camp Gillette (1855-1932) des lames jetables pour rasoirs, elles aussi fabriquées et aiguisées en longues bandes avant d'être séparées mais qui n'ont révolutionné que le rasage des peaux humaines et amorcé la mode du jetable.

D'autres récentes nouvelles dans l'utilisation du solaire. Distinguons cependant projets et réalisations en cours ou finies !

- 'Photovoltech', société créée en Belgique en décembre 2001, produit depuis novembre 2003 des panneaux solaires en silicium multicristallin. Elle a mis au point une technologie nouvelle et est le seul fabricant de cellules solaires en Belgique. « Avec la diminution des coûts de production et les économies d'échelle, le système deviendra rentable dans les pays du Nord (note VD : moins ensoleillés que les pays méditerranéens), sans subvention ni certificats verts »<sup>73</sup>.
- 'Desertec' est un projet estimé à 400 milliards d'euros. Douze entreprises (de Suisse, d'Allemagne, d'Espagne, d'Algérie) ont signé une « déclaration d'intention pour la construction d'un réseau électrique autour de la Méditerranée. Desertec pourrait générer deux millions d'emplois et couvrir 15% des besoins en électricité de l'Europe occidentale grâce à des dizaines de centrales solaires *thermiques* installées dans les déserts d'Afrique du Nord et du Moyen Orient »<sup>74</sup>.
- Le plus grand parc solaire allemand, le deuxième plus grand du monde, construit sur un ancien terrain militaire... Le parc photovoltaïque de Lieberose, au sud de Berlin, est grand comme 210 terrains de football et comprend 560.000 panneaux solaires<sup>75</sup>.
- Mégaprojet solaire en Chine. Projet de construction pour une nouvelle municipalité chinoise de Mongolie intérieure (note VD : région partiellement désertique) du plus grand centre mondial de production d'énergie solaire : deux gigawatts d'électricité pour fournir trois millions d'habitants. L'installation sera composée de millions de panneaux photovoltaïques sur une surface de 65 km<sup>2</sup> (note VD : même superficie que celle d'un carré de 8 km sur 8 km), soit quasiment la superficie totale de Liège<sup>76</sup>

### **La fusion nucléaire qui produirait de la chaleur puis de l'électricité comme le fait maintenant la fission nucléaire.**

De quoi s'agit-il ? De faire fusionner ensemble des atomes très petits ce qui donnerait naissance à de plus gros. C'est ce qui se passe dans le soleil et dans les autres étoiles, avec dégagement d'une énorme quantité d'énergie. Quels petits atomes sont utilisés dans les essais ? Le deutérium (D) et le tritium (T), isotopes de l'hydrogène (H), parce que leur noyau est composé d'un (pour le D) ou de deux neutrons (pour le T) en plus de l'unique proton. Le deutérium se trouve en abondance dans l'eau de mer. Le tritium est produit dans le réacteur lui-même ou dans des réacteurs ad hoc au départ du lithium, un métal léger relativement

<sup>72</sup> Patrick Jourde. 'Le photovoltaïque : les filières, les marchés , les perspectives.  
Sur le site : [enerzine.com/603/7022+1\\_impression-de- ...](http://enerzine.com/603/7022+1_impression-de-...)

<sup>73</sup> Johan Nijs, directeur général. Dans : 'Le Soir' du 22/11/2007, p. 8.

<sup>74</sup> Christophe Bourdoiseau. Dans 'Le Soir' du 14 juillet 2009, p. 30.

<sup>75</sup> M. Gottschalk/AFP, dans 'Le Soir' du 21 août 2009.

<sup>76</sup> Tristan de Bourbon. Dans 'Le Soir' du 18 septembre 2009, p. 44.

abondant dans la croûte terrestre<sup>77</sup>. Aucun risque de manquer de matière première. Il y aurait assez de deutérium dans l'eau de mer pour des milliers ou des millions d'années selon les sources.

Utopie? Réalisable à titre expérimental d'ici cinquante ans comme prévu par les initiateurs? Comme on l'a vu précédemment, les physiciens nucléaires sont extrêmement divisés sur le fait de savoir s'il sera ou non possible de réaliser un premier réacteur expérimental donnant pour 2050 des résultats qui permettraient de construire une première installation de production. Certains doutent que ce soit possible un jour. Le physicien français Sébastien Balibar a résumé le principal « problème », dans un langage simple : « *On nous annonce que l'on va mettre le soleil en boîte. La formule est jolie. Le problème, c'est que l'on ne sait pas fabriquer la boîte* »<sup>78</sup>. Pourquoi ? Parce que la réaction doit évidemment être confinée dans une enceinte et que, pour l'amorcer, il faut atteindre des températures et des pressions tellement élevées qu'aucun corps matériel ne peut y exister ni à l'état solide, ni à l'état liquide ou gazeux mais à l'état de plasma. Le plasma est un des états de la matière, celui où les noyaux atomiques dégarnis de leurs électrons semblent flotter dans un gaz composé d'électrons indépendants<sup>79</sup>, ... une sorte de « soupe » d'électrons extrêmement actifs dans laquelle « baignent » des noyaux d'atomes<sup>80</sup>. L'enceinte doit donc être immatérielle comme, par exemple, un champ magnétique puissant dans les installations expérimentales existantes et celle en construction à Cadarache en France.

L'idée d'un tel champ magnétique a été proposée en 1950 par les physiciens soviétiques Andréï Sakharov, encore jeune (1921-1989), et Igor Tamm (1895-1971). Ils construisirent les premières petites installations expérimentales appelées TOKAMAK, sigle russe<sup>81</sup>, dans les années 60 en Union soviétique. Le plasma tourne en rond, sans toucher les parois, à l'intérieur d'un tore qui a un peu la forme d'une immense chambre à air de voiture. Devant l'énormité des moyens à mettre en œuvre pour réaliser une installation expérimentale de grande envergure, l'Union soviétique, du temps de Gorbatchev (né en 1931) et de la perestroïka, prit l'initiative de proposer une collaboration internationale. D'où, en 1985, la décision de créer ITER (Réacteur expérimental international thermonucléaire), prototype de réacteur nucléaire à fusion. En faisaient partie au début l'Union soviétique (plus tard, la Russie), les Etats-Unis (qui, jugeant le projet incertain et ruineux, s'en retirèrent en 1998 puis le rejoignirent en 2003), l'Europe (en association avec le Canada) et le Japon. D'autres États s'y associèrent plus tard : la Chine, la Corée du Sud, l'Inde, la Suisse via Euratom dont elle fait partie. D'autres sont candidats : le Brésil, le Kazakhstan. La construction d'ITER a commencé en 2007 à Cadarache en Provence (France ; la grande ville la plus proche est Aix-en-Provence)<sup>82</sup>. Après ce prototype qui devra(it) fonctionner, par courtes séances, au total 300 heures, devra(it) être construite une Centrale électrique de démonstration pour étudier la possibilité d'exploitation commerciale, après quoi les premiers réacteurs de production pourront (pourraient) être fabriqués, sans doute pas avant 2050<sup>83</sup>. Certains pensent 'jamais'.

<sup>77</sup> Jean-Luc Léonard. 'Hiper, le cousin d'Iter'. Dans : Athena, n° 248-2009.

<sup>78</sup> Sébastien Balibar (né en 1947). « D'importants défis technologiques attendent ITER ». Article dans 'Le Monde, 9 juillet 2005.

<sup>79</sup> K. Gladkov. L'énergie de l'atome. Moscou. Page 385.

<sup>80</sup> Site : [Wikipedia.org/wiki/Physique\\_des\\_plasmas](http://Wikipedia.org/wiki/Physique_des_plasmas)

<sup>81</sup> TOKAMAK, sigle de : TOroïdalnaya KAmera MAgnitinyi Katushkami. En français : Chambre à vide toroïdale et bobine magnétique. Paul Devuyt, dans la revue 'Athena', n° 240/2008, p. 404.

<sup>82</sup> Noté le 27/02/2009 sur le site : [fr.wikipedia.org/wiki/International\\_Thermonuclear\\_Experimental\\_Reactor](http://fr.wikipedia.org/wiki/International_Thermonuclear_Experimental_Reactor)

<sup>83</sup> Site : [wikipedia.org/wiki/International\\_Thermocuclear\\_Experimental\\_Reactor](http://wikipedia.org/wiki/International_Thermocuclear_Experimental_Reactor)

Un autre type de réacteur expérimental de fusion thermonucléaire sera sans doute construit dans le courant de la prochaine décennie en Grande-Bretagne. Le confinement de la réaction, tout aussi nécessaire que dans les Tokamak et dans Iter, serait obtenu de façon différente. Il s'agirait d'un confinement *inertiel* obtenu par des canons laser qui compresseront le mélange D-T, au centre d'une sphère de dix mètres de diamètre ou plus, jusqu'à une densité infiniment supérieure à celle de la matière solide<sup>84</sup>. Les résultats sont tout aussi incertains que ceux d'Iter.

Ne nous étendons pas davantage sur des programmes dont la bonne réalisation est encore aussi douteuse malgré les sommes gigantesques que les États participants lui consacrent. D'autant plus que, faisabilité mise à part, la question de l'opportunité se pose. Est-il souhaitable de construire une économie basée sur l'énergie thermonucléaire qui implique une organisation sociale très centralisée, voire technocratique?<sup>85</sup> D'autant plus que les possibilités des centrales nucléaires à neutrons rapides et de l'énergie solaire que nous avons examinées précédemment répondent à tous les besoins pour très longtemps.

### **La photosynthèse artificielle.**

Imiter la nature qui capte la lumière du soleil et le gaz carbonique de l'air pour fabriquer de la matière solide est un rêve. Il est probablement né dès que des humains ont commencé à comprendre le phénomène de la photosynthèse naturelle.

L'idée de photosynthèse artificielle a été évoquée lors d'un congrès à New York en 1912 par Giacomo Ciamician (1857-1922), chimiste italien<sup>86</sup>. Citons quelques extraits significatifs et non scientifiques de son exposé :

*«... le charbon fossile est pour l'instant la source principale de la force et de la richesse ... énormes gisements ; mais ils ne sont pas inépuisables...*

*...L'énergie solaire fossile est-elle la seule à pouvoir servir à la vie et à la civilisation moderne ?... Le désert du Sahara, ... reçoit **par jour** ce qui correspond à 6 milliards de tonnes (de charbon)!*

*... peut-on penser qu'il est possible de faire augmenter cette production de matière ... surtout quand on est poussé par la nécessité (souligné par VD : toujours l'idée du besoin comme moteur du progrès!)...*

*... le problème fondamental, au point de vue technique, est celui de fixer l'énergie solaire au moyen de réactions photochimiques opportunes (suivent des explications scientifiques avec processus et formules chimiques) ...*

*... la vie et la civilisation dureront tant que le soleil resplendra ! ... ne serait-il pas opportun d'utiliser mieux l'énergie solaire actuelle ?*

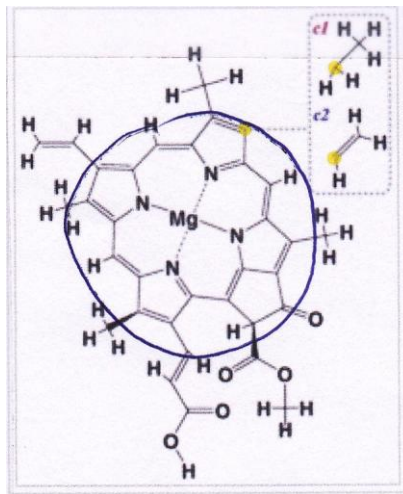
La photosynthèse est le processus par lequel les plantes vertes et quelques autres organismes vivants fabriquent la matière de leur propre organisme en utilisant la lumière solaire, le gaz carbonique de l'air, l'eau et quelques minéraux trouvés dans le sol. Elle s'effectue dans les plantes vertes par l'action d'une grosse molécule de **chlorophylle**. Cette molécule composée d'un grand nombre d'atomes d'hydrogène, de carbone, d'oxygène, d'azote, a un centre, un cœur très semblable à celui de l'**hémoglobine**, grosse molécule qui amène l'oxygène de notre sang vers les cellules et en retire le gaz carbonique. Très semblable sauf que le cœur de la molécule de chlorophylle est organisé autour d'un atome métallique de

<sup>84</sup> Jean-Luc Léonard. 'Hiper, le cousin d'Iter'. Déjà cité.

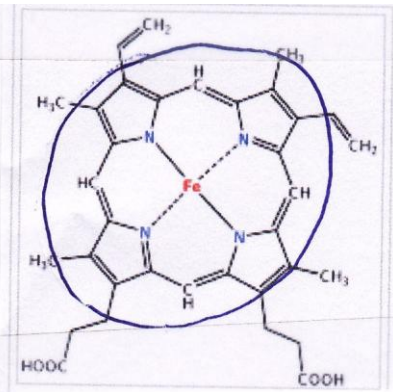
<sup>85</sup> Pierre Gillis et Grégoire Wallenborn. L'économie et la thermodynamique : analyse critique des thèses de Georgescu-Roegen. Dans : Cahiers Marxistes n°235/2007, note 14, page 154.

<sup>86</sup> 'La photochimie de l'avenir'. Extrait de « Scientia ». Vol XII, 6<sup>e</sup> année (1912). N.XXVI-6. Sur le site : gses.it/pionieri/ciamician-photochemie

magnésium alors que le cœur de l'atome d'hémoglobine est organisé autour d'un atome de fer.



Cœur de la molécule de chlorophylle organisé autour d'un atome de magnésium (Mg)



Cœur de la molécule d'hémoglobine organisé autour d'un atome de fer (Fe)

Quelle extraordinaire unicité de la vie sur terre, malgré ses multiples dissemblances ! Une autre différence due au centre métallique différent : la chlorophylle nous apparaît verte sous une lumière blanche alors que l'hémoglobine nous apparaît rouge.

Où en est-on dans les recherches pour réaliser la synthèse chlorophyllienne à une échelle industriellement utilisable sans provoquer de dommages pour l'environnement ? Des recherches en laboratoire ont lieu en Grande-Bretagne<sup>87</sup>, en Italie, Hollande et Allemagne<sup>88</sup>. Elles ne visent pas à produire de la matière, mais à briser la molécule d'eau composée d'hydrogène et d'oxygène pour produire un combustible propre, l'hydrogène, ce dernier étant libéré tandis que l'oxygène serait capturé. Ce combustible pourrait ensuite être récupéré pour les piles à hydrogène. De tels « moteurs » du futur sont désignés par certains comme l'avenir de l'énergie puisqu'ils sont propres, dégagent uniquement de l'énergie, de l'eau et de l'oxygène<sup>89</sup>.

La dernière information que j'ai trouvée, datée de 2007 et probablement déjà dépassée, signale un procédé qui a un autre objectif : réduire l'émission de gaz carbonique à la source. Il pourrait être embarqué dans des voitures ou utilisés par des usines. Ce procédé à base de manganèse lequel ne coûte que quelques euros au kilo a été développé au Japon. Il pourrait capter le gaz carbonique trois cents fois plus efficacement que les plantes. Cette innovation permettrait d'utiliser des systèmes bon marché et efficaces fonctionnant à partir de la lumière et du gaz carbonique.

Jumelons ces informations. Elles montrent qu'on s'oriente à grands pas vers la construction d'installations peu chères qui pourraient à la fois réduire la quantité de gaz carbonique de l'air (ou dans un premier temps en ralentir puis en empêcher l'augmentation) et fabriquer une énergie propre<sup>90</sup>. Un rêve est-il près de se réaliser, au moins dans des laboratoires ? Produire de l'énergie propre et détruire du gaz carbonique, le tout à bon marché.

<sup>87</sup> Isabelle Cuchet. 'Les promesses de la photosynthèse artificielle'. Sur le site : cybersciences.com/Cyber/3.0/N3465.asp

<sup>88</sup> Article : 'Il sole 24 ore'. Extrait du Bulletin d'Information n° 29 du 15/12/2004. Ambassade de France en Italie.

<sup>89</sup> 'Les perspectives de la photosynthèse artificielle'. 10/05/2004. Sur le site : cybersciences.com

<sup>90</sup> Vincent Philippoteau. 'Photosynthèse artificielle'. Sur le site : leblogenergie.com/2007/03/photosynthese\_ar



### La captation d'une part de l'énergie solaire que l'atmosphère empêche d'arriver sur la terre.

Nous sommes ici en pleine utopie. Admettons qu'on puisse prochainement capter cette énergie solaire par des satellites spécialement construits et équipés dans ce but. Les humains sont très expérimentés dans l'envoi de satellites autour de la terre. Depuis le premier Spoutnik en 1957, ils en ont envoyé plus de 5.000 dans l'espace. Admettons en outre qu'on puisse alimenter des satellites avec cette énergie transformée en électricité et leur assurer une longue vie en bon état de fonctionnement. Mais comment envoyer de l'énergie ainsi captée sur la terre ?

La première condition est que les humains soient capables de transporter de l'énergie en grande quantité et à longue distance sans support solide du genre d'un câble électrique.

La nature y arrive très bien. Le **soleil** nous envoie des rayons en ligne droite à travers l'espace vide ou presque vide de toute matière sur une distance de 150 millions de kilomètres; il les envoie dans toutes les directions et, plus grande est la distance, plus dispersé est le rayonnement. La **foudre** est une décharge électrique entre un nuage et **un** point du sol avec une différence de potentiel électrique qui peut atteindre 100 millions de volts. Contrairement à la lumière du soleil, il s'agit ici d'un faisceau extrêmement concentré d'énergie électrique.

**Et les humains d'aujourd'hui, que savent-ils faire ?** Sur des distances et avec des puissances limitées, on est capable d'envoyer de l'énergie d'un point à un autre sans guide solide, par exemple sous forme de micro-ondes et de rayons laser. Ils font partie de notre vie courante. Nous connaissons et utilisons les **micro-ondes** par les téléphones portables, les fours à micro-ondes, les radars. On sait aussi que ces énergies peuvent être dangereuses dès qu'elles atteignent une certaine puissance : pas question de laisser sa main dans un four à micro-ondes en fonctionnement, elle serait cuite à l'intérieur en moins de deux; un technicien télécom ne s'approche d'une antenne GSM que quand elle est désactivée. Les premiers **lasers** amplifiaient la lumière et la rassemblaient en un étroit faisceau en ligne droite et qui reste concentré, cohérent. Plus tard, le même dispositif de fonctionnement a été appliqué à toute la gamme des rayonnements électromagnétiques, des rayons X et ultraviolets jusqu'aux infrarouges. Les lasers sont connus dans l'industrie mécanique depuis la fin des années 1970 où ils ont équipé des têtes de découpe d'acier travaillant à grande vitesse, de l'ordre de 10 mètres par minute, sans contact et sans usure d'outil. À partir de 1982, sont apparus les compact-discs gravés et lus par laser. On utilise les lasers en chirurgie, en ophtalmologie, dans des imprimantes d'ordinateur, dans les lecteurs de codes-barres, etc. On parle moins de leur utilisation militaire dans des armes pouvant agir au coup par coup ou en continu avec des puissances qui vont jusqu'à plusieurs mégawatts<sup>91</sup>.

Ce qui précède montre que capter et mettre à la disposition de l'humanité une part de l'énergie solaire que l'atmosphère empêche d'arriver sur la terre ne devrait pas être impossible. Mais il y a tant de conditions à réunir, tant de 'problèmes' à résoudre et d'installations à mettre au point et à construire que nous pouvons *aujourd'hui* considérer une telle réalisation comme une utopie à transmettre comme objectif à atteindre, *s'ils en ont besoin*, à nos descendants.

(à suivre)

---

<sup>91</sup> Site : [wikipedia.org/wiki/laser](http://wikipedia.org/wiki/laser)