

**Contact qui n'engage que sa propre responsabilité :**

**Emile MOREL.** (Membre de la Société Française des Ingénieurs des Plastiques et Composites - SFIP).

**Alice.morel266@orange.fr**

Eté 2008

## **LA REVOLUTION IMPERATIVE**

### **1) Etat des lieux :**

L'explosion démographique avec les nouveaux besoins des pays en voie de développement va poser des problèmes pour l'alimentation, les besoins en matière première et plus particulièrement l'énergie. Sachant que aujourd'hui, l'énergie est apportée à 90% par les énergies fossiles (pétrole, charbon, gaz). L'épuisement de ces réserves est prévisible entre le milieu et la fin du XXI<sup>ème</sup> siècle.

A ce jour la consommation mondiale et la répartition des sources sont les suivantes (source 2001).

	<b>Milliards de TEP</b>	<b>Pourcentages</b>	<b>Durée au Rythme de la Consommation actuelle</b>
Consommation Mondiale	10	100%	
Pétrole	4,0	40	environ 40 ans
Charbon	2,7	27	environ 200 ans
Gaz naturel	2,3	23	environ 60 ans
Autres sources*	1,0	10	

\*nucléaire, hydraulique et autres énergies renouvelables.

Pour les 10% cités autres sources, l'énergie nucléaire représente 6% basée sur la fission de l'uranium 235, dont les ressources sont limitées, donc à ne pas classer dans les énergies renouvelables même si l'on peut envisager d'autres combustibles comme le thorium 232 et l'uranium 238.

La production de l'énergie par combustion du carbone a des impacts sur l'environnement par dégagement de différents gaz (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>...) provoquant l'effet de serre qui entraîne une élévation de la température moyenne du globe.

Durant le XX<sup>ème</sup> siècle la température moyenne de l'air a augmenté de 0,5 à 1° celsius. L'effet de serre est sujet à controverse mais l'élévation de la température peut provenir d'une autre action.

La combustion d'un atome de carbone dégage 94 kilos calories. J'ai conservé la calorie pour sa définition très parlante car c'est la chaleur nécessaire pour élever d'un 1° centigrade la température d'un gramme d'un corps dont la chaleur massique est égale à celle de l'eau. Pour mémoire nous rappelons que la calorie a été remplacée par le joule depuis 1977 (une calorie = 4,188 joules).

Sachant qu'une tonne d'énergie fossile soit du carbone dégage :

$$\frac{94 \times 10^6}{12} = 8 \cdot 10^6 \text{ K cal.}$$

En simplifiant on peut considérer que la consommation mondiale actuellement de 10 milliards de tonnes engendrent par combustion :

$$8 \cdot 10^6 \times 10 \cdot 10^9 = 80 \cdot 10^{15} \text{ K cal soit en un siècle : } 8 \cdot 10^{18} \text{ K cal.}$$

Pour concrétiser cette quantité de chaleur on rappelle que le volume d'eau des océans est de 1,4. 10<sup>9</sup> Km<sup>3</sup> ou 1,4. 10<sup>18</sup> m<sup>3</sup> ou tonnes.

On constate donc que la combustion durant un siècle d'énergie fossile pourrait augmenter la température des océans de plus de 5°.

Cette élévation de température de 5° c est minorée par le réchauffement de la surface terrestre et de l'atmosphère. Sachant que l'état thermique de l'enveloppe externe de notre planète (surface terrestre, océans, atmosphère) est commandée naturellement par le bilan radiatif soleil-terre. Dans notre hypothèse, l'apport de la chaleur généré par la combustion des énergies fossiles peut déplacer l'équilibre thermique qui serait déjà modifié par le dégagement des gaz à effet de serre. On voit que l'épuisement des énergies fossiles apporte une solution imposée mais positive sur le problème du réchauffement terrestre.

Si la poursuite de la consommation des énergies fossiles sur 500 ans était possible, 500 ans est une durée relativement courte pour l'humanité dont l'origine remonte à 2 millions d'années, mon calcul simpliste conduirait à une augmentation de la température de 25° c de l'eau des océans.

## 2) Considérations diverses :

Au problème de la disparition des énergies fossiles actuellement utilisées va s'ajouter l'épuisement des diverses ressources, y compris la nourriture de base (poissons, céréales,...) et également l'eau douce.

Des actions apparaissent nécessaires au niveau d'organisations pour des programmes de longues durées.

Première action et pas des plus simples, arrêter l'expansion démographique qui s'oriente vers 9 milliards d'habitants et imposer une diminution des populations en évitant la solution des guerres.

Deuxième action, choisir des politiques énergétiques pour assurer l'approvisionnement en énergie primaire et secondaire et réduire les nuisances.

Pour cela, sur une période de 50 ans il faut progressivement en fonction de la diminution des énergies primaires, de l'augmentation de la consommation des nations émergentes et des dérives économiques trouver une transition entre la consommation énergétique actuelle et celle de la fin du siècle.

Sur la période envisagée de 50 ans il faudra trouver un compromis entre les sources énergétiques suivantes :

- énergies fossiles en réduisant progressivement leur part,
- énergie atomique (fission) avec une augmentation progressive de celle-ci,
- énergies renouvelables (hydraulique, éolien, solaire,...) avec une forte croissance,
- énergies nouvelles (fusion, hydrogène par électrolyse de l'eau....)

Enfin effectuer des économies matières et énergétiques importantes.

Pour ne pas rester dans le général on peut réfléchir sur les conséquences des techniques qui vont disparaître (le moteur à explosion plus particulièrement) sur les transports automobiles, ferroviaires, aéronautiques et maritimes :

- automobiles, passage à l'énergie secondaire, l'électricité, pour des véhicules d'un rayon d'action de 100 à 200 Km, disparition des transports poids lourds,
- ferroviaires, solution évidente, extension des lignes électrifiées pour le fret et le transport des personnes,

- aéronautiques et maritimes, solution difficile à prévoir à ce jour,
- machines agricoles, dans le contexte actuel de l'agriculture moderne avec très peu de main d'œuvre la motorisation disparaissant pour des raisons de renchérissement puis de suppression des énergies classiques, l'énergie électrique devra impérativement prendre la relève pour éviter des famines sur tous les continents.

Dans un autre domaine, celui des matières plastique ou la consommation mondiale annuelle des polymères est de l'ordre de 200 millions de tonnes qui absorbe à peu près la même quantité de pétrole. L'objectif sera de remplacer ce pétrole par des matières d'origine végétale pour la synthèse de polymères, sans compromettre l'alimentation humaine.

Ce besoin de polymères est d'autant plus intéressant qu'ils sont générateur d'économie : économie d'énergie au niveau de la transformation par rapport aux métaux, au niveau des transports, gain de poids, au niveau de l'isolation thermique.

Sans vouloir trop s'étendre sur ce sujet on peut citer :

a) polymères produits par des micro-organismes.

La fermentation par exemple du glucose conduit à la production de polyhydroxyalcanoate et de leurs dérivés. Ces polyesters aliphatiques conduisent à des propriétés voisines du polypropylène.

De même pour l'acide poly lactique permet d'obtenir des polymères biodégradables proches des propriétés du polystyrène.

b) polymères extraits directement des plantes.

Nous citerons la cellulose, le caoutchouc naturel, l'amidon, la lignine.

c) Fibres naturelles.

Le coton est le produit le plus utilisé, nous citerons également le jute, le sisal, le lin, le chanvre...

Comme les fibres de verre, les fibres végétales peuvent se présenter sous différentes formes :

- farine,
- fibres courtes,
- fibres longues,
- demi-produits, nappes, rubans, tissu.

d) Produits naturels transformés par voies chimiques.

Pour la cellulose nous citerons l'acétate de cellulose, le méthyle cellulose, l'hydroxypropyl et l'hydroxyhéthyl méthyle cellulose, la nitrocellulose.....

Le polyamide 11 est obtenu à partir du ricin.

### **3) Conclusion :**

Le concept de développement durable vise à satisfaire des besoins du présent sans hypothéquer les besoins des générations futures.

La solution actuelle semble être de produire suffisamment d'électricité grâce à l'énergie atomique et au solaire. Ensuite la mise au point de matériaux pour le stockage, la conversion et le transport de l'énergie : piles à combustibles, batteries, cellules photovoltaïque.

Les matériaux adoptés sont à mettre au point (performance et coût).

La pile à combustible produit du courant électrique par alimentation de comburant et de carburant.

Les batteries et les piles stockent sous forme d'énergie chimique.

Pour l'hydrogène considéré comme un vecteur d'énergie du futur, il faut exclure sa fabrication à partir de gaz naturel ou de produits pétroliers (pollution et approvisionnement). La solution qui semble la plus intéressante est la production d'hydrogène par l'électrolyse de l'eau à partir de l'électricité nucléaire. L'étape suivante est le transport et le stockage de l'hydrogène liquide ou gazeux. Enfin faire réagir dans la pile l'hydrogène et l'oxygène de l'air pour retrouver de l'eau. Le bilan énergétique est négatif mais l'intérêt est que l'hydrogène peut servir d'intermédiaire de stockage pour les applications transport de véhicule sans fils conducteur pour véhicules terrestres et maritimes.

Concrètement les actions amenées sont dans l'ordre suivant :

- limiter le plus rapidement possible la combustion du carbone, énergies fossiles et bio combustibles (effets thermiques et production de CO<sub>2</sub>),
- agir sur la démographie, en 2050 il est prévu 9 milliards d'habitants,
- économiser l'énergie (chauffage, transport...) et les matières premières.

Un habitant des Etats-Unis né en 2008 consommera dans sa vie 730 tonnes de pierres, sable et gravier, 310 tonnes de pétrole, 270 tonnes de charbon, 160 000 m<sup>3</sup> de gaz, 47 tonnes de métaux et 30 tonnes de ciment (le monde du 28/10/2008).

Les économies sont à graduer et adapter en fonction de l'état de développement des populations.

- Développer des techniques qui économiquement sont déjà compétitives, hydrauliques et fission.

Pour la fission réaliser des centrales qui consommeront moins de combustible, 50 à 100 fois et qui brûleront une grande partie des déchets radioactifs à longue durée de vie. Sans doute la source d'énergie principale pour la fin du siècle (Anne LAUVERGEON),

- développer des nouvelles sources dites renouvelables en effectuant des bilans techniques et économiques rigoureux concernant le solaire photovoltaïque et thermique, éolien, obtention de l'hydrogène par électrolyse de l'eau...

Les énergies renouvelables sont actuellement pénalisées par le coût et l'intermittence de leur fonctionnement (solaire, éolien) alors que nous ne savons pas stocker l'électricité en masse. Dans les conditions technologiques, économiques et environnementales du début de ce siècle, elles ne peuvent que fournir un appoint énergétique.