



COMMISSION ENVIRONNEMENT DU LUNDI 21 MAI 2007
(Université de Bourgogne – 16 h)
Les nouvelles technologies de l'Energie

COMPTE RENDU

Personnes présentes

Pierre BACHER, SFEN Bourgogne
Régis BAUDRILLARD, Directeur du centre CEA de Valduc
Henri CONSTANT, Président de la Commission Environnement de la SEIVA
Serge CONTRERAS, Chef de laboratoire - Service Hydrogène-Deutérium-Tritium du CEA Valduc
Jérôme DEMOMENT, Chef du Service Hydrogène-Deutérium-Tritium du CEA Valduc
Christophe FINOT, Maître de conférences à l'Université de Bourgogne
Eric FINOT, Président de la SEIVA
Gaëlle GOUET, Etudiante de master sciences physiques, stagiaire SEIVA
Bruno LAVOREL, Chercheur CNRS, Université de Bourgogne
François MARIN, Assistant communication du Centre CEA du Ripault
Jean-Claude NIEPCE, Président du Comité Scientifique, Professeur Emérite de Chimie, Université de Bourgogne
Catherine SAUT, Chargée de mission de la SEIVA
Elisabeth SCIORA, Maître de Conférences, Université de Bourgogne
Marc TUPIN, Maire d'Echalot
Christine YVRAY-PETIT, Responsable de l'unité de communication et des affaires publiques, CEA Valduc

Personnes excusées

M. François SAUVADET, Député de Côte d'Or
M. Gérard NIQUET, Maître de conférences émérite à l'Université de Bourgogne
M. Louis GRILLOT, Sénateur de Côte d'Or
M. Jean Patrick MASSON, Adjoint au maire de Dijon, président du Grand Dijon
Me Anne Marie LEVRAULT, Directrice de la DIREN
M. Marcel FOLLEA, Maire de Grancey le Château
M. Marcel FROT, Président du FDSEA
Me Bernadette LEMERY, Directrice de l'ORS Bourgogne
M. Christian MYON, Conseiller général du canton de St Seine l'Abbaye
M. Bernard PITRE, Maire de Le Meix
M. Alain CAIGNOL, Président de la commission Economie de la SEIVA
M. Pierre GARNIER, Maire de POISEUL LA GRANGE
M. Michel FROMM, Professeur de physique chimie, Université de Franche Comté
M. Jean Pierre BELLAT, Technicien, Université de Bourgogne
M. Henri JULIEN, Conseiller général de Côte d'Or, Maire de Minot
M. Daniel CARRE, Maire de Léry
M. Michel MAILLOT, Conseiller général de Côte d'Or, Maire d'Is sur Tille
M. Michel CARTIER, Maître de conférences, Université de Bourgogne
Me Isabelle GIRARD - FROSSARD, Représentant la DDASS

Henri CONSTANT ouvre la séance.

La présentation se fait en deux temps :

La situation énergétique dans le monde et les programmes du CEA

Les programmes du centre CEA de Valduc

La situation énergétique dans le monde et les programmes du CEA

Par François MARIN, Assistant communication du Centre CEA du Ripault

1. Une répartition inégale en croissante augmentation

Elle se répartit essentiellement entre le pétrole (36%) , le nucléaire (7%) et le Charbon (23%).

L'unité de consommation est la tonne équivalent pétrole (Tep).

La demande en énergie est inégale : en constante croissance dans les pays développés (US, Europe) , en très forte croissance dans les pays asiatiques (Chine) et invariante pour les pays en voie de développement (Afrique). Le développement de la consommation d'énergie est à comparer à l'augmentation moyenne de la durée de vie de la population (augmentation d'environ 30% depuis 1945 en France).

Avec 4 tonnes équivalents pétrole, la France consomme encore deux fois moins que les Etats-Unis.

L'augmentation de 8%/an de la consommation de la Chine reste préoccupante d'autant que ses évolutions de croissance sont difficilement prévisibles et, donc, à prendre en compte pour les trente années à venir.

Contrairement à la perception du public, l'énergie reste encore **bon marché** : le pétrole est vendu actuellement moins cher que l'eau minérale en France.

L'énergie est indispensable à la vie !

L'homme a besoin d'énergie pour se nourrir, se chauffer, se déplacer, travailler, Acheter des biens, etc..... pour vivre.

Comment consommons-nous l'énergie ?

Quelle consommation ?
Quelles sources d'énergie ?
Quels sont les problèmes ?

En France

Quelles sources d'énergie ?

Consommation mondiale d'énergie primaire (2006)

Évolution

Sources d'énergie :
Un monde dominé par les combustibles fossiles

Consommation d'énergie : Évolution

Quelle consommation d'énergie ?

1 tep=41,85 milliards de joules

Avec un peu plus de 4 tonnes-équivalent pétrole par personne et par an, les Français se situent dans la moyenne des pays de l'Union européenne, loin derrière les Américains

Augmentation de près de 8% par an de la consommation chinoise

Près de 2 milliards de personnes sur terre n'ont toujours pas accès à une quelconque forme d'énergie autre que la biomasse traditionnelle, essentiellement le bois.

En 200 ans : Consommation énergétique mondiale a été multipliée par 28 (+ 1,75%/an), un peu moins en France (+ 1,3%/an).

L'énergie : Source de développement économique et d'amélioration des conditions de vies

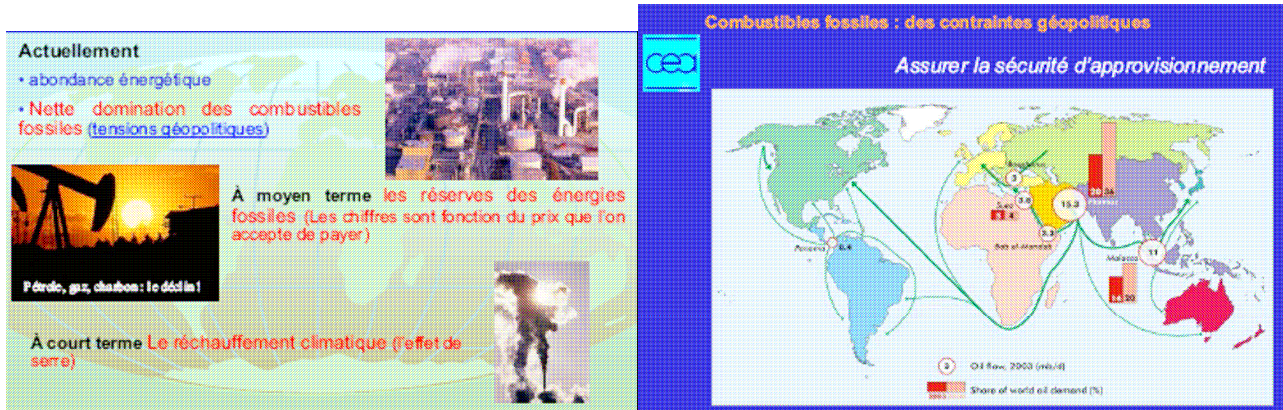
La consommation de pétrole a progressé de 306% en Corée du sud depuis 20 ans, de 192% en Chine, de 240% en Inde, de 88% au Brésil

2. Trois raisons majeures pour s'inquiéter

a/ Les ressources en énergie fossile sont elles épuisées ? On estime que 40% des ressources pétrolières sont déjà utilisées. De nouveaux forages plus profonds vont demander de nouvelles technologies plus coûteuses. Ce n'est pas tant le volume d'énergie fossile restant qui est le plus problématique mais le coût acceptable de l'extraction par le consommateur.

Le problème est similaire pour le charbon : de nombreux pays Allemagne, Chine en possèdent de grosses quantités. Le développement du charbon dit propre, en séquestrant le dioxyde de carbone en sortie de cheminée, nécessite une technologie coûteuse.

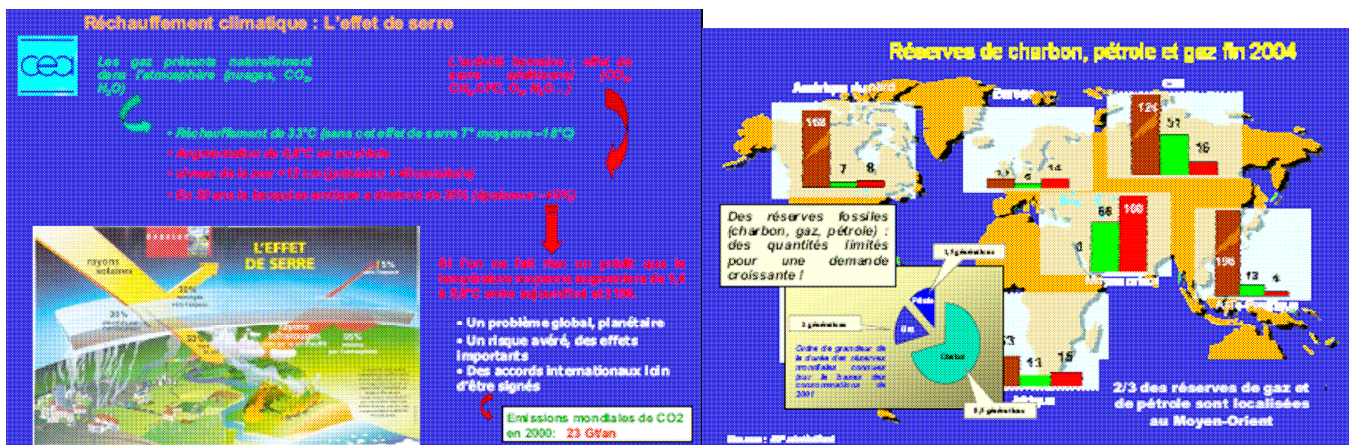
Le nucléaire pose à plus long terme lui aussi le problème de la pénurie d'Uranium.



b/ Le manque d'énergie est source de tensions géopolitiques : guerre en Irak , contrôle du développement effréné en Chine , déséquilibre africain...

c/ L'effet de serre : un point nouveau désormais admis face à un constant inquiétant : la planète s'est réchauffée de 1°C depuis l'ère industrielle. Fait d'autant plus inquiétant : les 300 ppm de gaz à effet de serre présents actuellement reflètent une activité humaine datée de 30 ans.

Les conséquences de cette pollution pour l'environnement sont désastreuses (migration des espèces et des maladies tropicales ; nouvelles maladies, inondations, dérèglement du climat) et le coût économique encore non évalué.



3. Quatre défis énergétiques pour le CEA

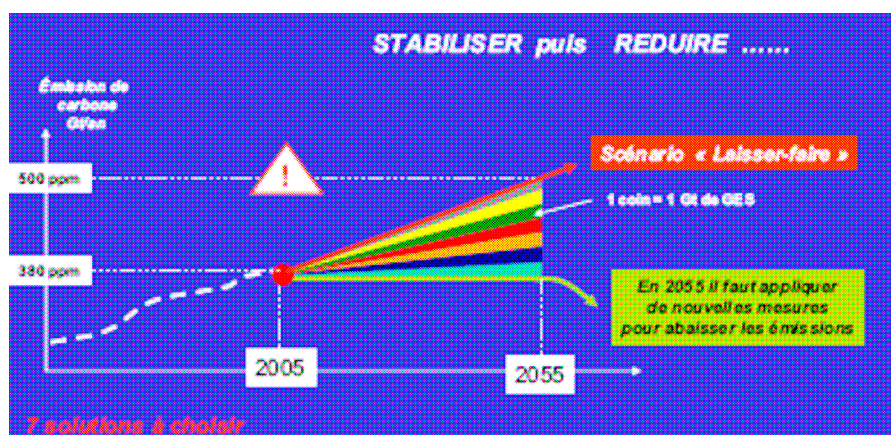
Sera t il encore possible :

- maintenir la qualité de vie des pays développés ?
- garantir notre approvisionnement ?
- et tout cela en préservant notre environnement ?

Les prévisions de croissance nécessitent en urgence de limiter les émissions de gaz à effet de serre. L'objectif le plus optimiste, n'est pas de réduire cette quantité, ceci est irréalisable désormais, mais de la stabiliser à une valeur plateau. Les accords de Kyoto, même si certains pays considèrent leurs objectifs utopistes, vont dans ce sens.

Les mesures liées aux **économies d'énergie** se sont avérées peu efficaces jusqu'alors. Les transports sont responsables d'un tiers des rejets de la pollution atmosphériques. Pour exemple, les énormes efforts réalisés au niveau de la consommation des moteurs à essence (HDI) ont été annihilés par les nouveaux équipements connexes développés en série (climatisation ...). Un pantalon en jean lors de sa fabrication peut parcourir 70 000 km. Réduire sa consommation doit être associé à des efforts sur nos modes de vie. C'est une issue nécessaire mais insuffisante.

La solution miracle n'existe pas mais on se dirige pour le futur vers un cocktail énergétique. Toutes les alternatives doivent être envisagées en s'adaptant aux ressources locales. La théorie des coins estime que pour stabiliser les émissions de gaz à effet de serre 7 alternatives d'énergies propres doivent se compléter.



Pour cela, dans le cadre mondial et européen du développement des NTE, et dans le contexte de la loi « Energie 2005 » favorisant la poursuite d'un mix énergétique, le CEA s'est engagé, en dehors de ses missions pour la Défense, dans le programme national de développement et de compétitivité des compagnies françaises.

Outre sa contribution aux études de maîtrise de l'énergie, le CEA a choisi de s'investir plus précisément sur 4 axes de recherche et développement parmi les 7 coins d'énergie. La géothermie, les éoliennes, la filière du charbon propre, les énergies marines n'ont donc pas été abordées.

a/ **l'énergie nucléaire** : peu émettrice de gaz à effet de serre, elle ne pourra compenser tous les besoins, en l'état. Aussi le CEA s'est-il doté de programmes spécifiques pour améliorer les techniques nucléaires :

- optimisation de l'outil industriel
- conception des systèmes énergétiques du futur (ITER, réacteur 4^{ème} génération)
- recherche sur la réduction et la gestion des déchets nucléaires et la maîtrise de l'impact des activités nucléaires
- stratégie d'assainissement et de démantèlement

CEA – Énergie




Disposer d'énergies plus compétitives, non émettrices de gaz à effet de serre et respectueuses de l'environnement

- **Nucléaire**
 - Optimisation de l'outil industriel actuel,
 - Conception des systèmes énergétiques du futur (4ème Génération, ITER),
 - Recherche sur la réduction et la gestion des déchets nucléaires et la maîtrise de l'impact des activités nucléaires,
 - Stratégie d'assainissement et de démantèlement.
- **Nouvelles technologies de l'énergie**
 - Hydrogène (Alliance Innovation), solaire photovoltaïque (INES), Biomasse,...
 - Contribution aux études de maîtrise de l'énergie




b/ l'**hydrogène**, aussi bien comme vecteur d'énergie que pour le stockage d'énergie. Les piles à combustible constituent une solution intéressante. Ce coin nécessite encore des travaux de recherche pour augmenter la durée de vie des piles, abaisser les coûts financiers en remplaçant les composants métalliques nobles (Platine) par des polymères. L'hydrogène souffre d'une mauvaise réputation du fait des risques d'explosion potentiels.

Deux autres pôles qui ne concernent pas Valduc, sont aussi privilégiés d'un point de vue national:

c/ Un pôle est dédié au **solaire** avec le développement des cellules photovoltaïques. Les améliorations à apporter concernent l'amplification du rendement en utilisant une autre filière que celle du silicium.

d/ Enfin les **biocarburants**, la dernière voie à s'être ouverte. Tout n'est pas réglé non plus au vu des problèmes d'efficacité. D'autres questions se posent : l'augmentation des superficies de culture posera à terme des choix stratégiques : soit l'utilisation de nouveaux engrais, soit l'utilisation de plantes génétiquement modifiées.

La politique du CEA pour les problèmes énergétiques est de travailler par projets transverses en mettant à contribution l'ensemble de 9 centres CEA. Pour exemple, le centre du Ripault travaille sur les convertisseurs d'énergie, le stockage embarqué et stationnaire. Le centre de Valduc, lui, travaille sur le stockage de l'hydrogène qui nous est présenté au point 2.

Les programmes du centre CEA de Valduc

Par Serge CONTRERAS, Chef de laboratoire, Service Hydrogène – Deutérium -Tritium du CEA Valduc.

Le service Hydrogène – Deutérium –Tritium du CEA Valduc dispose d'une compétence reconnue internationalement sur le stockage du tritium. En dehors de ses applications nucléaires, ce service a développé une « compétence hydrogène » répartie entre deux thématiques :

- le développement de systèmes « haute pression »
- le développement de systèmes « hydrures »

Les systèmes « hydrures » sont rapidement abordés : lourds, ils ne seront applicables qu'à des projets non-mobiles (industriels). La présentation s'axe donc sur les systèmes « haute pression ».

Les systèmes « haute pression » intéressent une large gamme de produits : permettant le stockage de l'énergie sous forme d'hydrogène, ils seront utilisés dans de nombreuses applications. Dénommées « piles à

combustibles », elles ont pour avantages d'être compactes, puissantes, durables. Les rares modèles déjà utilisables sont onéreux, mais une application est d'ores et déjà en vente : les moteurs annexes de bateaux. Applications à court terme, 5 ans : téléphonie mobile, ordinateurs... Applications à 25 ans : automobiles, scooters...

La contribution de Valduc

Le centre développe depuis plusieurs années des projets, en partenariat ou seul.

Objectif : développer et qualifier des réservoirs légers capables de contenir de l'hydrogène sous pression dont le coût de fabrication est le plus faible possible.

L'application visée est essentiellement destinée aux véhicules.

Les recherches ont pour principal objectif de développer et qualifier des réservoirs légers capables de contenir de l'hydrogène sous pression et dont le coût de fabrication est le plus faible possible. Pour cela, deux types de réservoirs sont étudiés.

Activités stockage hydrogène sous pression

Réservoirs étudiés

Type 3 : Réservoirs avec vessie métallique renforcée par un filament continu imprégné de résine (entièrement bobinée)

Type 4 : Réservoirs avec vessie polymère renforcée par un filament continu imprégné de résine (entièrement bobinée)



Études

Interactions de l'hydrogène avec les matériaux (fragilisation et perméation : risque de fuites entraînant des problèmes de sécurité)

Tenue en pression d'hydrogène des matériaux (tests d'étanchéité)

CEA/Valduc - commission environnement 210507 5

Deux facteurs permettent de qualifier la résistance des réservoirs :

- le coefficient de perméation : quantité de matière qui traverse la paroi du réservoir (et donc s'en échappe) ;
- le coefficient de diffusion : vitesse de déplacement à travers la paroi.

Ces deux coefficients sont étudiés sous différentes pressions, et donc différentes températures, la température augmentant avec la pression.

Pour cela, Valduc dispose des moyens expérimentaux suivants :

- banc de mise en pression jusqu'à 1000 bar ;
- 2 bancs d'étude de perméation d'échantillon (1-100 bar ; 10-100 °C) ;
- banc de test de bouteilles sous hydrogène (mesure du taux de fuite) ;
- banc pour étude du comportement sous hydrogène d'éléments de raccordement.

Différents projets se sont succédés, d'abord à vocation automobile (hydro-gen) puis agricole (physe). Les derniers projets se préoccupent de disposer d'un matériel sûr, léger et compact, de la tenue des réservoirs à la chaleur, la pression et le choc (dans le cadre d'un percement accidentel, par exemple). L'application actuellement étudiée est un scooter utilisant une pile à combustible. Rappelons que la plupart des projets sont menés en partenariat avec les constructeurs.

Pour Valduc, les perspectives de recherche nécessitent l'acquisition des équipements suivants :

- banc de perméation de 700 bar ;
- enceinte de protection permettant de tester des réservoirs de 50 litres à 875 bar ;

- banc de mise en pression répétée.

3/ Discussions

Piles à combustible : quelles applications et pour quand ?

- Actuellement, la seule application en cours est celle des moteurs annexes de bateaux. Avantage : silencieux et d'utilisation prolongée. Le coût de 3000 € ne semble pas prohibitif pour le matériel haut de gamme.
- L'avenir de ces piles se joue à court terme dans la téléphonie mobile et les ordinateurs. Terme : 5 ans.
- Des applications seront développées pour les engins roulants (scooters, automobiles). Terme : 10-25 ans. Ce type d'application nécessite néanmoins qu'un réseau sûr d'approvisionnement existe dans les stations service, ce qui n'est pas encore le cas.
- Des usines de dessalement d'eau de mer sont envisagées avec le système des piles à combustible. Avantage: nul besoin d'être relié à un réseau électrique. Cette application vise donc plus particulièrement les zones isolées (îles) ou non équipées (PVD).

ITER : quel avenir avec Valduc ?

Il est intéressant qu'une compétence internationale sur l'hydrogène se développe en France. Des collaborations auront certainement lieu dans un proche horizon. Valduc peut néanmoins craindre une fuite de ses effectifs spécialisés, dont la compétence va être prochainement fort recherchée, vers ITER qui doit à terme consommer 10 fois plus de tritium que sur Valduc.