



*Les objectifs du groupe étaient d'établir un état des connaissances sur l'effet de serre, en portant une attention particulière aux sources d'énergie des véhicules routiers, puis de dégager des pistes de recherche, tout cela avec une approche prospective.*

### **❖ Le problème de l'Effet de serre**

Depuis le début de l'ère industrielle (fin du XIXème siècle), l'atmosphère terrestre s'est réchauffée de 0,3 à 0,6 °C, avec pour conséquence une élévation de 10 à 25 cm du niveau des océans. A cette époque, l'hypothèse de la relation entre la concentration en gaz carbonique CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et la température moyenne a été avancée par Arrhénius; cette hypothèse est aujourd'hui largement confirmée.

### **Les prévisions pour 2100**

Dans l'hypothèse d'un doublement de la concentration en CO<sub>2</sub> (scénario 2xCO<sub>2</sub>), ce qui correspond à une émission constante de 17 Gt/an sur le XXIème siècle, les différents modèles climatiques conduisent aux prévisions suivantes :

- Réchauffement de 1 à 4 °C
- Montée des océans de 15 à 95 cm

Avec pour conséquences :

- Sécheresses et inondations plus sévères
- Dépérissement des forêts
- Modification de l'équilibre des espèces
- Disparition de zones côtières et d'îles
- Augmentation de la famine et des maladies infectieuses, des affections cardiorespiratoires ...

Aujourd'hui le scénario 2xCO<sub>2</sub> n'apparaît plus réaliste; les scientifiques travaillent maintenant sur l'évaluation des impacts d'un scénario 4xCO<sub>2</sub>.

### ❖ *Les éléments importants à retenir*

Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau (50 % de l'effet de serre) et le gaz carbonique (25 %). L'effet de serre est gouverné notamment par les phénomènes physiques suivants :

- La teneur en H<sub>2</sub>O dans l'atmosphère est physiquement limitée par sa pression de vapeur saturante qui dépend de la température. Ainsi une augmentation de température de 1 °C, provoquée par le CO<sub>2</sub> seul (ou d'autres gaz), entraîne-t-elle une augmentation de la teneur en H<sub>2</sub>O qui est à l'origine d'une élévation supplémentaire de 0,7 °C de la température.
- La teneur en CO<sub>2</sub> n'est pas limitée, mais le spectre d'absorption du rayonnement infrarouge par le CO<sub>2</sub> est saturé; l'augmentation de la température est alors limitée aux effets des extensions du spectre sur ses bords (effets non linéaires).

L'effet de serre est un phénomène global; si on s'intéresse aux changements climatiques locaux ou régionaux (grandes agglomérations en particulier) il peut exister d'autres effets :

- L'augmentation de la température locale, due à la production de chaleur par la combustion des hydrocarbures (industries, transports, chauffage ...); la puissance thermique des combustions du pétrole et du gaz est évaluée à environ 20 fois celle du parc mondial de centrales nucléaires.
- Cette augmentation de la température locale entraîne celle de la teneur en H<sub>2</sub>O, qu'elle soit issue de l'évaporation ou des combustions ci-dessus (qui produisent chaque année 8 Gt de H<sub>2</sub>O et 16 Gt de CO<sub>2</sub>).

Ainsi les critères d'évaluation de chaque couple (énergie, transformateur) pourront être au nombre de trois : émission de H<sub>2</sub>O, émission de CO<sub>2</sub>, production de chaleur.

### ❖ *Une comparaison de différentes technologies*

Dans le cas des véhicules routiers propulsés par des moteurs à combustion interne, les bilans de chaleur, H<sub>2</sub>O et CO<sub>2</sub> lors de l'utilisation (\*) conduisent au classement suivant de différents couples (moteur, carburant) :

(\*) N.B. il faudra tenir compte, en sus, des émissions produites lors de la fabrication et du conditionnement des carburants...)

Chaleur mini	H <sub>2</sub> O mini	CO <sub>2</sub> mini
Diesel gazole ID	Diesel gazole ID	AC Hydrogène
AC Hydrogène	AC essence ID	AC Gaz Naturel
AC Gaz Naturel	Diesel gazole	Diesel gazole ID
AC essence ID	AC essence	AC GPL
Diesel gazole	AC GPL	AC essence ID
AC GPL	AC Gaz Naturel	Diesel gazole
AC essence	AC Hydrogène	AC essence
Chaleur maxi	H <sub>2</sub> O maxi	CO <sub>2</sub> maxi

Légende : ID= injection directe, AC= allumage commandé, GPL= gaz de pétrole liquéfié

Les nouvelles motorisations, hybrides ou électriques, présentent dans certains cas des avantages sur les motorisations thermiques les plus efficaces, en émission de CO<sub>2</sub> notamment, mais toujours au prix d'un surcoût généralement prohibitif ou/et d'une dégradation des performances d'autonomie et de vitesse.

### ❖ *Un peu de prospective ...*

Les pays industrialisés tentent de s'engager sur la voie de la limitation de leurs émissions de gaz à effet de serre; s'ils y parviennent durablement, ils resteront alors dans le cadre de l'hypothèse 2xCO<sub>2</sub> à l'horizon 2100. Cependant les grands pays en développement industriel (Chine et Inde aujourd'hui) vont ajouter leurs émissions (dues notamment à la combustion du charbon) à celles des pays industrialisés; c'est pourquoi le scénario 4xCO<sub>2</sub> apparaît beaucoup plus réaliste et dans ce cas il est presque certain que nous courrons à la catastrophe.

Il est donc impératif que les pays industrialisés, pour le moins, ne se contentent pas de limiter mais réduisent leur consommation de ressources fossiles. Cela paraît complètement utopique, sauf si les prévisions de certains chercheurs viennent au secours de notre planète; ainsi, selon l'Institut d'Economie et de Politique de l'Energie :

- La période 2000-2020 devrait voir une croissance significative de la part du gaz naturel dans la fourniture d'énergie
- Le pétrole va se raréfier à partir de 2030
- La période 2030-2050 sera une période de grande transition vers l'utilisation de nouvelles sources d'énergies non fossiles, mais on ignore lesquelles

- L'hydrogène comptera parmi ces nouvelles sources, à condition qu'il puisse être fabriqué en quantité suffisante et conditionné (compression, liquéfaction ...) sans produire de gaz à effet de serre (ou très peu)
- Les piles à hydrogène feront leur véritable apparition à partir de 2030 pour les applications stationnaires (l'industrie, les habitations); elles seraient encore trop coûteuses, à ce moment-là, pour une application aux véhicules de transport.

### ❖ *Quelques pistes de recherches*

Les informations rassemblées permettent de proposer des actions de recherche-développement à mener dans le domaine de l'énergie, notamment pour les véhicules routiers :

- Production et conditionnement de l'hydrogène sans émission de gaz à effet de serre
- Adaptation des moteurs thermiques actuels au fonctionnement à l'hydrogène, avec l'objectif de rendement élevé et de faibles émissions d'oxydes d'azote
- Exploration systématique, évaluation scientifique et technique des découvertes (aujourd'hui connues) en matière de captage et de transformation d'énergies nouvelles