



VERS UN « PLAN CLIMAT-ENERGIE » DE CAEN-METROPOLE

COMMENTAIRE DU DIAPORAMA DE M. PIERRE RADANNE

**PRESENTE LORS DU COLLOQUE 'CAEN-METROPOLE FACE AUX ENJEUX CLIMATIQUES ET
ENERGETIQUES'**

LUNDI 2 FEVRIER 2009, AUDITORIUM DU MUSEE DES BEAUX-ARTS DE CAEN

Diapositive n° 2

La prise en charge du changement climatique est passée par trois étapes :

1. Une phase de reconnaissance mais sans vérification expérimentale, et ce jusqu'en 1985
2. Une phase de prise de conscience et de mobilisation de 1985 à 1997, jusqu'au Protocole de Kyoto. Il faut notamment souligner le faible délai qui a séparé l'alerte des scientifiques avec la conclusion des deux traités internationaux, l'un de reconnaissance du phénomène, l'autre, plus contraignant, d'obligation de réduction des émissions pour les pays industrialisés
3. Actuellement, une phase de mise en œuvre dans un contexte de forte tension avec le retrait des Etats-Unis décidé par le Président Georges W. Bush en février 2001.

Diapositive n°5

La température de l'atmosphère a varié au cours des âges suite à divers phénomènes physiques notamment liés aux variations de la rotation de la terre autour du soleil. Comment, dans ces conditions, mettre en évidence le réchauffement climatique généré par l'activité humaine ?

Cette question est restée longtemps sans réponse. Ce n'est qu'avec les satellites météorologiques, dans les années 60, que l'on a eu enfin une vision globale du fonctionnement de l'atmosphère.

La date décisive de compréhension de l'effet de serre a été 1985 avec l'analyse de glaces de l'Antarctique. Les scientifiques y ont extrait des carottes de glace sur une profondeur de 1000 mètres, les plus anciennes ayant 150.000 ans. Ils ont analysé les bulles d'air comprises dans

Page 1

ces glaces et reconstitué la température moyenne planétaire correspondant aux chutes de neige (à partir de la répartition isotopique de l'oxygène).

Sur cette courbe représentant l'évolution de la température moyenne de l'atmosphère depuis 150.000 ans et de la concentration en CO₂ dans l'atmosphère, on constate une corrélation forte entre ces deux variables.

On distingue à droite clairement la période chaude actuelle, et avant 10.000 ans avant J.C, l'ère glaciaire et sur la gauche du graphique la période interglaciaire précédente.

Or, le CO₂ n'est pour rien dans cette succession de périodes glaciaires et interglaciaires aux causes astronomiques, la distance et la trajectoire de la terre autour du soleil variant. On a finalement compris que le CO₂ se dissout plus facilement dans l'eau des océans lorsque sa température est froide. En période glaciaire, cela amplifie la chute des températures. En période chaude, davantage de CO₂ reste dans l'atmosphère, ce qui accroît le réchauffement. Le CO₂ a donc un effet d'amplification des écarts de température à cause naturelle.

La question que se sont ensuite posés les scientifiques a été de savoir quel accroissement moyen de température allait engendrer les fortes émissions humaines de CO₂ dues à la combustion de combustibles fossiles.

Source : M. Lorius, Laboratoire de glaciologie et de géophysique de Grenoble, 1990.

Diapositive n°6

Une atmosphère plus chaude provoquera davantage d'évaporation d'eau à la surface des océans.

Le réchauffement s'accompagnera en conséquence d'une modification du régime des précipitations. Ces dernières devraient nettement s'accroître dans les latitudes élevées et autour de la ceinture équatoriale. Par contre, du fait d'une remontée des alizés, la zone tropicale (région méditerranéenne, Afrique du Nord, Sahel, Moyen-Orient, sud de l'Amérique Latine et Australie) deviendra plus sèche ou aride.

Un accroissement de l'énergie dans l'atmosphère se traduira aussi par des phénomènes météorologiques plus turbulents (tempêtes, tornades, ouragans).

Autre manifestation du changement climatique, l'augmentation de température devrait également conduire à une hausse du niveau des mers de 10 à 80 cm dans ce siècle submergeant des îles et des deltas. Rappelons que 250 millions d'habitants vivent entre 0 et 1 mètre d'altitude.

Une fonte partielle des banquises de la péninsule Antarctique et du Groenland aurait pour effet une hausse du niveau de la mer de plusieurs mètres.

Diapositive n° 8

Les trois graphiques de l'IPCC¹ ci-dessus, permettent de comprendre les inerties à long terme. Deux tendances sont ici suivies :

1. Les courbes en rouge décrivent ce qui se passe en cas d'émissions de CO₂ constantes chaque année à partir de 2000. Cela est représenté par une droite dans le premier graphique parallèle à l'axe des abscisses pour la valeur de 9 milliards de tonnes de carbone. Il s'agit là d'une hypothèse plus difficile à atteindre qu'il n'y paraît. En effet, la population humaine devrait augmenter de moitié d'ici le milieu du siècle tandis que les pays en développement devraient voir leur consommation d'énergie progressivement augmenter et, à fortiori, leurs émissions de gaz à effet de serre. Dans cette hypothèse, ces deux augmentations devraient être compensées par une réduction des émissions des grands pays industrialisés.

Compte tenu d'une accumulation du CO₂ dans l'atmosphère, le graphique du milieu, montre que sa concentration ferait plus que doubler d'ici l'an 2300. En fait, le facteur clef est le temps moyen de séjour du CO₂ dans l'atmosphère qui est de 120 ans. On est donc confronté à un processus d'accumulation avec une forte inertie.

Il en découlerait une hausse continue de la température avec une augmentation moyenne probable de 3°C en 2300, celle-ci continuant irrémédiablement à croître au-delà. On aurait alors perdu le contrôle du climat terrestre.

2. Les courbes en bleu décrivent une autre simulation. Elle est basée sur l'objectif d'une complète stabilisation à une valeur un peu supérieure à 2°C au-delà de 1990. Cette stabilisation impliquerait une concentration atmosphérique de CO₂ qui ne devra pas dépasser les 550 ppm². Cette concentration sera atteinte avant la fin de ce siècle.

Le graphique de gauche montre alors la courbe d'émission à suivre impérativement pour parvenir à cette stabilisation.

Diapositive n°9

Le climat n'appartient plus à la seule Nature. L'homme l'a dérégulé et se doit donc le rerégler. Le climat est dorénavant en cogestion entre la nature et la société humaine.

Pour la première fois depuis l'engagement dans la société industrielle, l'humanité est de nouveau confrontée à une limite, non plus comme pendant des millénaires, à la rareté, mais à un processus de saturation, celui d'une modification quantitative majeure du milieu le plus fragile de notre biosphère, l'atmosphère.

¹ IPCC (International Panel of Climate Change) : Il s'agit en fait de l'anglicisme du « Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (G.IEC) ». Ce dernier a pour mission d'évaluer, sans parti-pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au changement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation.

² p.p.m (parti par million) = cm³ de CO₂ par m³ d'air.

Cet événement historique considérable modifie complètement la responsabilité des Etats et surtout la diplomatie internationale. Sa traduction immédiate a été la décision prise à Berlin en 1995 de baser le futur Protocole de Kyoto sur des quotas contraignants fixés à chaque pays. En termes clairs, il s'agit d'un rationnement.

Jusqu'à présent la diplomatie internationale était cantonnée dans la gestion des relations entre pays en s'interdisant tout regard sur les choix politiques internes. Le changement climatique bouleverse cette donne. Il impose une ingérence dans les affaires énergétiques et économiques des pays. Les choix de chaque pays et finalement de chacun d'entre nous influent sur l'avenir du monde.

Cela implique de construire petit à petit, par-dessus les intérêts des Etats, des règles qui permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre et de faire converger les modes de développement entre pays. C'est probablement la condition vitale d'une paix durable.

On assiste donc à un retour du politique. Ainsi, les comportements privés se trouvent projetés dans une implication globale. D'un mouvement actuel de dérégulation doit succéder un mouvement de rerégulation.

Le rôle de l'O.N.U et des institutions internationales en sortent grandis. Il faudra d'abord parvenir à mettre sur pied une capacité de solidarité face aux désastres climatiques majeurs, notamment en direction des pays les plus pauvres.

Diapositive n°11

Cette courbe relate l'évolution du cours moyen du brut depuis 1970. Ces prix sont exprimés en dollars de 2003 par baril pour rendre les valeurs comparables.

On y distingue clairement le premier choc pétrolier de 1973 qui a propulsé le cours du brut à environ 45 \$/bl³ (Guerre du Kippour), le second de 1979 (guerre Iran-Irak) avec une pointe à plus de 80 \$/bl. Ce second choc a été amplifié pour la France par une valeur élevée du dollar. Le succès des politiques de diversification vers le gaz dans les usages thermiques, le charbon et le nucléaire dans la production électrique de maîtrise l'énergie à la consommation ainsi que les efforts de mise en exploitation de nouveaux gisements ont fait qu'en 1985, l'offre de pétrole est nettement redevenue plus abondante que la demande. Cela a provoqué un effondrement du prix du pétrole en décembre 1985 vers une valeur de 25 \$/bl en monnaie actuelle.

Ce cours se maintiendra de façon stable jusqu'en 2000. Même la guerre du Golfe de 1990 ne perturbera pas le marché.

La demande de pétrole des pays de l'O.C.D.E⁴ est restée longtemps stable, celle des pays en développement en croissance reste faible proportionnellement en volume tandis que la demande des pays de l'ex bloc soviétique s'effondre avec la crise de leur industrie.

³ bl (baril) = est une unité de mesure surtout utilisée de nos jours pour le pétrole brut et ses dérivés. Un baril de pétrole équivaut à 42 gallons américains, soit environ 35 gallons impériaux (précisément 34,9723) ou 159 litres (précisément 158,9873).

⁴ O.C.D.E : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

Ces facteurs vont se modifier vers 2000 : reprise de la croissance de la consommation de pétrole des pays de l'OCDE sous l'impulsion des transports, reprise de l'activité économique dans les pays et l'est et surtout forte croissance économique des pays émergents débouchant sur une forte demande pétrolière.

Une nouvelle hausse des prix du pétrole s'amorça en septembre 2000 et s'accru nettement en octobre 2003. Il ne s'agit pas d'un choc pétrolier provoqué par un événement politique grave, mais une inversion de tendance. La demande excède l'offre. Début 2005, le cours du pétrole tournait autour de 52 \$/bl.

Ce nouveau choc pétrolier est durable. Une détente des marchés va exiger des investissements importants : de production, de raffinage, de transport (oléoducs, navires et ports méthaniers). Des investissements qui prennent des années pour être réalisés. En outre, il est difficile d'anticiper l'effet sur les cours du débat émergent sur la déplétion pétrolière. Une influence qui devrait jouer plutôt à la hausse.

Diapositive n°14

En 30 ans, le niveau et surtout la répartition de la consommation de pétrole en France ont beaucoup évolué.

Juste avant le choc pétrolier de 1973, la consommation pétrolière était en croissance forte : mise en service de nouvelles centrales électriques (dont l'amortissement va être catastrophique) et augmentation des parts de marché dans tous les usages (vapeur industrielle, chauffage domestique, transports).

Le choc pétrolier de 1973 marque un coup d'arrêt à cette progression. Au-delà des changements de comportements, on constate une réduction forte dans l'industrie (plus par effet d'économies d'énergie que par substitution).

Le choc de 1979 a été suivi d'une baisse des consommations beaucoup plus forte (industrie, chauffage dans le résidentiel et le tertiaire), les savoir-faire pour économiser l'énergie étant cette fois-ci au rendez-vous.

La montée en puissance du nucléaire (raccordements massifs de réacteurs entre 1980 et 1985) a permis un effondrement de la consommation de pétrole dans la production électrique, maintenant limitée à l'alimentation des îles (Corse, Antilles, Réunion).

Le niveau le plus bas de la consommation de pétrole a été atteint en 1985. Avec la baisse des prix du pétrole l'année suivante, les efforts d'économie et de substitution ont été abandonnés. Hors transports, le niveau des consommations reste stable depuis, l'accroissement des usages du pétrole comme matière première étant compensé par les baisses dans l'industrie et le chauffage des logements.

Mais en 30 ans, la consommation de pétrole dans les transports est passée de 20 Mtep⁵ à 50 Mtep. Plus des 2/3 (68%) du pétrole consommé hors usage comme matière première l'est sous forme de carburants (transport + agriculture). Un nouveau choc pétrolier sera en fait un choc transport.

⁵ Mtep (Mégatonne équivalent pétrole) = 10⁶ tep = 11 628.10⁶ kWh = 7,33 barils.10⁶ barils...

Diapositive n°16

Ce graphique présente les découvertes de pétrole et de gaz, ainsi que l'évolution de leur consommation.

Tout d'abord, les découvertes pétrolières ont augmenté progressivement pour culminer au début des années 60 (avec dans l'ordre, les gisements américains, ceux du Moyen-Orient, puis dans l'ensemble du monde hors O.P.E.P⁶ (Algérie, mer du nord,...)).

Le niveau des découvertes chuta ensuite fortement. Après le choc pétrolier de 1973, les efforts de prospection furent intensifiés pour faire face à la crise et contourner le cartel de l'O.P.E.P (gisements du golfe de Guinée, du golfe du Mexique), sans toutefois modifier significativement la tendance.

Ces dernières années virent un léger regain des découvertes avec les progrès d'exploration off-shore (exploitation maintenant possible sous plus de 2000 m d'eau).

On peut constater que depuis 1980, la consommation annuelle de pétrole dépassait déjà largement le niveau des découvertes.

De leur côté, les découvertes de gaz suivent une courbe assez semblable. Elle est décalée parce que la consommation de gaz a été longtemps très faible et qu'à la différence du pétrole, il exige des investissements lourds de logistique (gazoducs, bateaux et ports méthaniers, sites de stockage...). Néanmoins, les découvertes après les grands gisements du Moyen-Orient (Qatar) et de l'ex URSS sont également faibles. Mais, comme la recherche des gisements a toujours privilégié le pétrole au gaz, les réserves encore à découvrir devraient être plus importantes.

On qualifie de déplétion cette situation historique où le volume de la consommation dépasse celui des découvertes et donc, pendant laquelle le nombre d'années où l'on pourra consommer du pétrole au même rythme va progressivement se raccourcir. Il est estimé aujourd'hui à 40 ans au rythme actuel de consommation.

On verra avec le graphique suivant, que ce déséquilibre patent a été transitoirement compensé par des progrès dans l'exploitation pétrolière.

Diapositive n°17

Le débat sur l'épuisement des ressources de pétrole est complètement « plombé » par le constat déroutant que depuis 30 ans, les réserves connues sont affichées stables à 40 ans de consommation. De quoi évidemment faire perdre toute confiance dans les experts.

Ce graphique détaille la question des ressources et en fournit l'explication.

Le premier rectangle en haut à gauche présente la production cumulée depuis le début de l'exploitation pétrolière : 130 milliards de tep.

⁶ O.P.E.P : Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole. Il s'agit d'une organisation intergouvernementale (un cartel) de pays visant à négocier avec les sociétés pétrolières pour tout ce qui touche à la production de pétrole, son prix et les futurs droits de concessions.

Les deux rectangles de même niveau en haut présentent les réserves prouvées et les nouvelles découvertes attendues. On peut voir que dans cette dernière catégorie la part du pétrole off-shore devient prédominante. Une estimation des découvertes futures est possible par extrapolation statistique (en fonction des surfaces restant à prospector, leur nature géologique, leur âge...).

Puis pour évaluer le potentiel des ressources, il faut faire la synthèse entre deux mouvements en sens contraire :

D'une part, et c'est déterminant à long terme, on découvre moins de pétrole que l'on en consomme depuis 1980 (graphique précédent).

Mais d'autre part, le taux de récupération d'un pétrole d'un gisement a fortement progressé grâce aux progrès des techniques d'extraction. Il est passé en 30 ans de 25 à 35%. Cette augmentation a été l'équivalent d'une augmentation des réserves de 40% ! C'est elle qui explique la prolongation de la durée d'exploitation des réserves et son maintien à 40 ans de consommation.

Il apparaît que ce mouvement d'amélioration des technologies d'exploitation devrait se poursuivre. On espère atteindre à terme un taux de récupération de 50% (avec un coût additionnel bien sûr). C'est ce potentiel qu'exprime le rectangle en jaune. Mais ces progrès ont une limite et coûteront de plus en plus chers.

Diapositive n°18

Synthèse des deux graphiques précédents, celui-ci présente la trajectoire que suivra la production et donc, la consommation de pétrole. Constatant une chute des découvertes de pétrole aux USA dans les années 50, King Hubert pronostiqua une baisse consécutive et inexorable de la production pétrolière américaine pour 1970. C'est ce qui se passa. Selon sa théorie, les découvertes de pétrole suivent historiquement une courbe en cloche (courbe de Gauss). L'exploitation d'un gisement suit une courbe à tendance similaire. King Hubert a mis en évidence un décalage de 30 ans entre la courbe des découvertes et celle de l'extraction.

La transposition de la théorie d'Hubert à l'ensemble de la production pétrolière mondiale divise les experts. Des facteurs multiples rendent la transposition complexe : forte inégalité de la densité de la prospection pétrolière selon les zones, variabilité de la qualité des statistiques notamment celles des sociétés nationales de l'O.P.E.P, prise en compte des gisements sous-marins...

Pour certains, nous entrons déjà dans la phase de déplétion, c'est-à-dire que les efforts de mise en exploitation de nouveaux gisements ne compenseront plus le tarissement des anciens. Ainsi la production de pétrole de la Mer du nord est déjà dans sa phase de déclin.

Pour d'autres, les progrès à venir dans l'exploration, l'extraction et la valorisation des pétroles non conventionnels (non liquides) permettront de repousser cette échéance vers 2025 à 2050.

Plusieurs remarques sont nécessaires devant ces désaccords :

- Ils ne portent finalement tous, que sur une génération, ce qui est de toute façon très court compte tenu du temps d'adaptation de notre civilisation notamment en matière de transport ;

- La tension entre offre et demande qui se manifesterà très tôt exigera des investissements très lourds qui pèseront fortement sur les prix ;
- Les Etats comme les compagnies seront inmanquablement tentés de valoriser financièrement d'autant mieux leurs ressources qu'elles seront en déclin.

Une certitude donc : le pétrole sera cher. Les prix s'installeront dans des niveaux élevés en restant dans la limite de la capacité des consommateurs à payer. On entre fort probablement dans une période où les prix seront à la fois élevés et, ce qui est pire, imprévisibles et erratiques.

Diapositive n°20

Ce graphique montre l'enjeu de la lutte contre le changement climatique pour la France. Comme il a été indiqué plus haut, une stabilisation du climat, à un niveau de seulement 2°C de plus que la température actuelle, implique que la concentration de CO₂ ne dépasse pas les 450 ppm.

Pour y parvenir, il faudra impérativement que le niveau d'émission ne dépasse pas au niveau mondial en 2050 la moitié de celui de 2000. Les émissions induites par l'activité humaine devraient ensuite ne pas dépasser la capacité d'absorption naturelle des océans (environ 2 milliards de tonnes de carbone par an).

Compte tenu d'un doublement du niveau d'émission par habitant dans les pays en développement, il faudra une division par 4 des émissions françaises. Cette réduction devrait être une division par 10 pour les Etats-Unis.

Ce graphique présente le niveau d'émission de CO₂ de 2000 (105 MtC) et son évolution tendancielle probable d'ici 2050 sans économie d'énergie et sans effort supplémentaire de lutte contre l'effet de serre.

L'histogramme de droite montre le niveau de la division qui ne devrait pas être dépassé en 2050. Cette simple présentation graphique met en évidence que ce volume global est inférieur à celui de chacun des secteurs économique pris individuellement. C'est dire à quel point le mouvement de transformation du secteur énergétique et de réduction des émissions devra être général.

Y parvenir est impératif car ce niveau de performance pour la France est celui qui doit être atteint dans l'ensemble du monde y compris les pays en développement pour garantir la stabilisation du climat. Ne pas le réaliser, c'est malheureusement mettre en péril la paix à long terme.

Diapositive n°26

La dissociation de la croissance économique et de la croissance énergétique

Les différentes courbes sont positionnées à l'indice 1 en 1973, date du premier choc pétrolier. Afin d'effacer l'effet de la croissance démographique, toutes les indicateurs ont été calculés par habitant.

La courbe du haut représente la croissance économique par habitant. Celle-ci a été sur cette période de 32 ans de 90% (un peu plus de 2% par an).

La courbe bleue représente la consommation d'énergie finale par habitant. Elle n'a été que de 2,85 % en 32 ans (+0,09 % par an). Sous l'impulsion des politiques de maîtrise de l'énergie engagées après les chocs pétroliers, il y a eu dissociation entre la croissance économique et la consommation d'énergie finale. Après le quasi arrêt des politiques publiques de maîtrise de l'énergie après 1986, la croissance de la consommation d'énergie par habitant est repartie à la hausse. Mais son écart avec le rythme de la croissance économique continua néanmoins de se creuser sous l'impulsion du renouvellement d'équipements anciens et du progrès technologique.

Il y a là un fait historique maintenant vérifié depuis 30 ans. Il a de loin dépassé toutes les attentes. Si les efforts d'économie d'énergie avaient été poursuivis avec constance, nous serions déjà engagés dans une société à contenu énergétique stable, mais parvenant à nourrir une croissance d'environ 2 % par an.

Cette réalité puissante est masquée par une croissance plus forte de la consommation d'énergie primaire. Elle a été de 30 %. Cette divergence entre la consommation d'énergie finale et la consommation d'énergie primaire a une raison technique. Elle s'explique par la dégradation du rendement de production d'électricité.

Diapositive n°31

On met en vente aujourd'hui des véhicules dont la vitesse de pointe équivaut au double de la vitesse autorisée. Ce n'est pas seulement choquant et ridicule, mais cela a aussi des impacts considérables sur la consommation d'énergie et sur l'environnement.

Quand un véhicule est optimisé pour atteindre une telle vitesse de pointe, les options techniques et les réglages se font au détriment des performances dans les conditions réelles ordinaires de circulation.

Un véhicule parcourt en moyenne 7 kilomètres par déplacement et la vitesse la plus souvent utilisée est le 50 km/h (boulevard urbain).

Ce graphique présente la consommation de carburant en ville pour différents véhicules mis en vente en fonction des vitesses de pointe.

Les véhicules de milieu de gamme qui atteignent communément les 220 km/h ont une consommation d'énergie double en ville de celle de véhicules dont la vitesse est limitée à 150 km/h.

Quelques chiffres pour en visualiser au-delà l'impact environnemental : une voiture qui pèse 1,2 tonne consommera au cours de sa vie 12 tonnes de pétrole, soit 10 fois son poids. Il en résultera une émission de 40 tonnes de dioxyde de carbone, au volume équivalent à ... celui de 6 Arcs de Triomphe (par voiture) !

La voiture restera un mode de transport très souvent irremplaçable. Mais faire face aux enjeux pétrolier et climatique passe obligatoirement par une redescende en gamme et en performances de pointe. Cela est indispensable pour faciliter la pénétration du véhicule électrique.

Diapositive n°32

Réduire la dépendance pétrolière du secteur des transports se pose en termes différents pour la longue et la courte distance.

Sur longue distance, les carburants liquides n'ont guère de solution concurrente. Ainsi, le pétrole avec intégration de biocarburants restera très longtemps hégémoniques pour le transport maritime, l'avion et le camionnage longue distance.

Sur courte distance, davantage de solutions sont possibles pour la voiture et la camionnette de livraison : le véhicule électrique et le véhicule hybride.

Le véhicule électrique, au point, peu cher, reste boudé par le public du fait à la fois d'une faible autonomie et surtout d'un temps très long de recharge. Son marché : de petits véhicules urbains très peu consommateurs avec la perspective de progrès dans les batteries.

Le véhicule hybride constitue une solution accessible parce qu'elle consiste en une évolution progressive de la voiture actuelle : introduction de davantage d'électronique, ce qui permet d'optimiser le moteur et de réduire les consommations, la récupération du surcroît de puissance du moteur dans certaines situations d'usage pour produire de l'électricité et l'utilisation de celle-ci par des moteurs électriques pour constituer une motorisation alternative notamment en cycle urbain. L'avantage de cette solution incrémentale est que la part du fonctionnement hybride peut progresser graduellement à mesure des progrès techniques et de la réduction des coûts notamment au niveau des batteries.

Il existe une autre voie, elle en rupture. Il s'agit de développer une traction électrique par pile à combustible alimentée à l'hydrogène. Le véhicule n'émettrait alors que de l'eau. Mais les obstacles sont multiples. Comme il n'y a pas d'hydrogène à l'état libre, il faut le produire soit à partir de combustibles fossiles – en émettant du CO₂ – soit par électrolyse de l'eau, probablement à partir de centrales nucléaires (avec un rendement médiocre). Il faudrait ensuite mettre en place un réseau de distribution de cet hydrogène. Dernière difficulté : le stockage de l'hydrogène dans le véhicule à très haute pression (le poids du réservoir étant alors 100 fois plus important que celui du gaz contenu). Résultat une filière extrêmement coûteuse. Il est probable qu'elle sera limitée à des véhicules lourds sur longue distance.

Diapositive n°33

Ce graphique présente le rendement global actuel du système énergétique français.

Les importations et les productions nationales permettent un approvisionnement de 269 Mtep (net d'exportations).

Cette consommation d'énergie primaire doit être transformée pour desservir les consommateurs finaux. Les pertes liées à la production électrique et au raffinage sont de 94 Mtep.

La consommation d'énergie finale était en 2000 de 158 Mtep. Elle est sur ce graphique à la fois répartie par secteurs et par énergies.

Une partie importante de cette énergie est dissipée lors de l'utilisation finale, dans les usages thermiques, les véhicules. On considère qu'en 2000, la part directement utile pour chacun de ces usages était de 86 Mtep. Les pertes sont essentiellement dissipées sous forme de chaleur. Certains de nos appareils ont déjà des rendements élevés (chauffage) tandis que d'autres présentent des pertes considérables (éclairage, voitures, appareils électroniques à veille...). On peut en déduire un rendement global du système énergétique français de 35%.

Les possibilités d'amélioration de l'efficacité énergétique sont surtout importantes dans la production électrique et le secteur des transports.

Diapositive n°45

Le changement profond de civilisation qui vivra la jeune génération exige avant tout un effort éducatif et culturel considérable. C'est à la fois la condition d'un engagement rapide mais aussi de l'indispensable cohésion démocratique.

Autre point décisif : la capacité à faire trouver, chacun individuellement, un chemin de réduction des consommations d'énergies fossiles et d'émission de gaz à effet serre qui concilie l'expression de sa personnalité et réponde à sa recherche de plaisir.

Il faut résister à toute tendance dépressive qui résulte évidemment de l'ampleur du virage à prendre. Diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre, ce qui est assurément indispensable pour garantir la paix, ne condamne nullement à la décadence.

Déjà des voies nouvelles de développement de l'humanité se profilent notamment dans les domaines des échanges personnels, de la culture ou de la santé. Un jeune d'aujourd'hui a accès avec son téléphone portable ou son ordinateur relié à Internet à davantage de personnes et de connaissances que la totalité des générations humaines qui l'ont précédé.

L'une des conditions décisives de la réussite est donc d'être capable individuellement et collectivement de se projeter dans ce siècle. C'est-à-dire de l'inventer.