

N°3425

N°56

**ASSEMBLÉE NATIONALE**

CONSTITUTION DU 4 OCTOBRE 1958

DOUZIÈME LÉGISLATURE

**SÉNAT**

SESSION ORDINAIRE DE 2006-2007

---

---

Enregistré à la Présidence de l'Assemblée nationale  
le 6 novembre 2006

---

---

Annexe au procès-verbal de la séance du 6 novembre 2006

---

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET  
TECHNOLOGIQUES**

---

**RAPPORT**

*sur*

*« Les apports de la science et de la technologie au développement durable »*

Tome I :

*« Changement climatique et transition énergétique : dépasser la crise »*

**Actes du colloque du 29 juin 2006,**

**organisé par**

**MM. Pierre LAFFITTE et Claude SAUNIER, sénateurs**

---

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale  
par M. Claude BIRRAUX

*Premier Vice-Président de l'Office.*

---

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par M. Henri REVOL

*Président de l'Office.*

*Composition de l'Office parlementaire d'évaluation  
des choix scientifiques et technologiques*

**Président**

M. Henri REVOL

**Premier Vice-Président**

M. Claude BIRRAUX

**Vice-Présidents**

M. Claude GATIGNOL, député	M. Jean-Claude ETIENNE, sénateur
M. Pierre LASBORDES, député	M. Pierre LAFFITTE, sénateur
M. Jean-Yves LE DÉAUT, député	M. Claude SAUNIER, sénateur

<b>Députés</b>	<b>Sénateurs</b>
M. Jean BARDET	M. Philippe ARNAUD
M. Christian BATAILLE	M. Paul BLANC
M. Claude BIRRAUX	Mme Marie-Christine BLANDIN
M. Jean-Pierre BRARD	Mme Brigitte BOUT
M. Christian CABAL	M. Marcel-Pierre CLÉACH
M. Alain CLAEYS	M. Roland COURTEAU
M. Pierre COHEN	M. Jean-Claude ETIENNE
M. Francis DELATTRE	M. Christian GAUDIN
M. Jean-Marie DEMANGE	M. Pierre LAFFITTE
M. Jean DIONIS du SÉJOUR	M. Serge LAGAUCHE
M. Jean-Pierre DOOR	M. Jean-François LE GRAND
M. Pierre-Louis FAGNIEZ	Mme Catherine PROCACCIA
M. Claude GATIGNOL	M. Daniel RAOUL
M. Louis GUÉDON	M. Ivan RENAR
M. Christian KERT	M. Henri REVOL
M. Pierre LASBORDES	M. Claude SAUNIER
M. Jean-Yves LE DÉAUT	M. Bruno SIDO
M. Pierre-André PÉRISSOL	M. Alain VASSELLE

---

**OFFICE PARLEMENTAIRE D'ÉVALUATION  
DES CHOIX SCIENTIFIQUES ET  
TECHNOLOGIQUES**

---

**RAPPORT**

*sur*

*« Les apports de la science et de la technologie au développement durable »*

Tome I :

*« Changement climatique et transition énergétique : dépasser la crise »*

**Actes du colloque du 29 juin 2006,**

**organisé par**

**MM. Pierre LAFFITTE et Claude SAUNIER, sénateurs**

---

Déposé sur le Bureau de l'Assemblée nationale  
par M. Claude BIRRAUX

*Premier Vice-Président de l'Office.*

---

Déposé sur le Bureau du Sénat  
par M. Henri REVOL

*Président de l'Office.*

---

---

**Environnement.**

*Composition de l'Office parlementaire d'évaluation  
des choix scientifiques et technologiques*

**Président**

M. Henri REVOL

**Premier Vice-Président**

M. Claude BIRRAUX

**Vice-Présidents**

M. Claude GATIGNOL, député

M. Jean-Claude ETIENNE, sénateur

M. Pierre LASBORDES, député

M. Pierre LAFFITTE, sénateur

M. Jean-Yves LE DÉAUT, député

M. Claude SAUNIER, sénateur

**Députés**

**Sénateurs**

M. Jean BARDET

M. Philippe ARNAUD

M. Christian BATAILLE

M. Paul BLANC

M. Claude BIRRAUX

Mme Marie-Christine BLANDIN

M. Jean-Pierre BRARD

Mme Brigitte BOUT

M. Christian CABAL

M. Marcel-Pierre CLÉACH

M. Alain CLAEYS

M. Roland COURTEAU

M. Pierre COHEN

M. Jean-Claude ETIENNE

M. Francis DELATTRE

M. Christian GAUDIN

M. Jean-Marie DEMANGE

M. Pierre LAFFITTE

M. Jean DIONIS du SÉJOUR

M. Serge LAGAUCHE

M. Jean-Pierre DOOR

M. Jean-François LE GRAND

M. Pierre-Louis FAGNIEZ

Mme Catherine PROCACCIA

M. Claude GATIGNOL

M. Daniel RAOUL

M. Louis GUÉDON

M. Ivan RENAR

M. Christian KERT

M. Henri REVOL

M. Pierre LASBORDES

M. Claude SAUNIER

M. Jean-Yves LE DÉAUT

M. Bruno SIDO

M. Pierre-André PÉRISSOL

M. Alain VASSELLE

# SOMMAIRE

Pages

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
<b>thème de la MATINée : ce qui arrivera... QUAND ? .....</b>	<b>10</b>
<b>I. Première table ronde : .....</b>	<b>12</b>
<b>II. Deuxième table ronde : .....</b>	<b>29</b>
<b>Thème de l'après-midi : les réponses .....</b>	<b>47</b>
<b>I. Première table ronde : .....</b>	<b>49</b>
<b>II. Deuxième table ronde : .....</b>	<b>68</b>
<b>III. Propositions des rapporteurs : .....</b>	<b>85</b>
<b>IV. Conclusion de M. François GOULARD, Ministre délégué à l'enseignement supérieur et à la recherche.....</b>	<b>91</b>

# INTRODUCTION

*La séance est ouverte à 10 h.*

**M. Claude SAUNIER** - Mesdames et Messieurs, mon collègue Pierre LAFFITTE et moi-même sommes heureux de vous accueillir au Sénat.

Ce colloque prend place quelques heures après l'approbation d'un rapport que Pierre LAFFITTE et moi-même avons proposé à l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).

Cet organisme existe maintenant depuis 23 ans et a produit 90 rapports depuis sa création.

L'Office parlementaire a été chargé en 1983, après un grand débat sur la recherche, d'éclairer le Parlement et les pouvoirs publics sur un certain nombre de grandes questions auxquelles la science et les technologies pouvaient apporter des réponses.

Ces questions étaient *a priori* déconnectées du débat immédiat et permettaient aux parlementaires de se donner les moyens d'une capacité de réflexion marquée par un peu de hauteur.

Dans ce cadre, Pierre LAFFITTE et moi-même avons reçu, il y a plus d'un an, la mission de traiter un sujet particulièrement lourd et vaste : l'apport des sciences et des technologies au développement durable.

L'ampleur du sujet nous a conduits très rapidement à considérer qu'il était impossible, dans le cadre d'un seul rapport, et en quelques mois, de traiter la totalité du sujet. Aussi avons-nous décidé de le scinder en deux parties, l'une que nous traiterons l'an prochain, tournant autour des biotechnologies et de la biodiversité, et un premier dossier qui nous semblait particulièrement important et prioritaire : celui associant, pour des raisons non seulement intellectuelles mais indispensables selon nous, le climat et l'énergie.

Tel est l'objet du rapport que nous avons présenté il y a deux jours et qui a été approuvé dans ses conclusions et ses préconisations par l'Office parlementaire, à l'unanimité de ses membres.

Je me permets, en quelques minutes et quelques points, d'esquisser la charpente de ce rapport :

Le diagnostic sur le climat et sur la transition énergétique nous amène à dire que, dans les deux cas, il y a alerte rouge.

Pourquoi ? S'agissant du climat -et la première table ronde en sera l'illustration- nous assistons depuis quelques décennies à une augmentation très sensible et accélérée de la température moyenne de la planète dont les effets considérables se feront ressentir, dans un délai très bref, sur la vie quotidienne et l'économie.

Dans le même temps, une deuxième crise viendra se télescoper. En effet, l'exploitation des ressources fossiles, par définition finies, nous annonce une croissance des besoins liée à

ceux de l'ensemble de la planète, notamment des pays émergents, comme la Chine et l'Inde, qui exerceront une pression très forte, d'où une tension sur les prix et une situation de crise énergétique qui croisera celle du climat.

Ces deux crises, dont nous pensons qu'elles peuvent se développer à un horizon d'une génération, peuvent être acceptées comme une fatalité mais nous estimons qu'il est possible de les éviter par le biais de politiques anticipatrices.

Après examen de l'ensemble des technologies, s'agissant de la production d'énergie et en particulier d'électricité, d'économies d'énergie, de nouveaux modes de transport, des capacités d'inventer un nouveau type d'habitat, nous pouvons affirmer que ces politiques existent mais que leur mise en œuvre requiert du temps.

C'est la raison pour laquelle nous considérons indispensable que les pouvoirs publics, de façon générale, s'emparent de ce dossier et définissent une grande politique qu'ils mettront en œuvre afin d'éviter que le choc que nous pressentons ne soit trop rude pour les sociétés. Ses effets au plan mondial, ceux des tensions internationales et des tensions sociales dans la période que nous vivons, seront conséquents.

Voilà en quelques mots l'esquisse de notre rapport.

Pierre LAFFITTE et moi avons considéré qu'il n'était pas secondaire d'exprimer certains propos très forts dans la période actuelle, c'est-à-dire à environ 10 mois de l'échéance présidentielle, non pour interférer dans le choix des citoyens mais pour être sûrs que ce débat présidentiel tournera autour de véritables questions politiques.

Il nous semble en effet qu'à la fois la crise énergétique et le changement climatique font et devront faire l'objet d'un véritable débat politique entre les candidats.

Je laisse le soin à Pierre LAFFITTE de compléter mes propos et de vous dire ce que nous attendons, en complément du rapport, de cette journée.

**M. Pierre LAFFITTE** - Merci, Claude, d'avoir si brillamment esquissé la philosophie de notre rapport. Nous avons pensé, d'où l'organisation de cette journée, qu'il était essentiel que ceci soit relayé. Nous sommes un pays démocratique et l'opinion publique doit connaître la réalité de la situation.

Par conséquent, en même temps nous allons développer une série de contacts avec la presse et la télévision de façon que ce rapport ne soit pas simplement un de plus qui ne prendrait pas place dans les décisions.

Nous avons opté pour l'ajout d'une série de propositions dont quelques-unes ne seront certainement pas de nature à plaire au grand public, de façon à montrer ce qu'il faut faire maintenant parce que, justement, dans 10 ans il sera trop tard.

Je reprends le titre d'un livre qu'un grand scientifique australien a écrit, qui commence ainsi : « *Je regrette que mon pays n'ait pas signé les accords de Kyoto...* ». Il n'est pas le seul car je crois indispensable d'agir immédiatement. Je précise que ce livre est celui de chevet de MM. Al GORE et Tony BLAIR.

Nous sommes sur la même ligne : nous pensons que les questions de temps sont capitales. Si l'on veut éviter d'aller droit dans le mur, il faut agir quand c'est encore possible.

Nos conclusions visent à éviter des catastrophes humaines considérables touchant des milliards d'individus sur notre planète. Tous ceux se situant à proximité des zones à cyclones du type de Katrina en ont connu les conséquences. Ces conséquences existent déjà au Costa Rica, au Bangladesh, pays éloignés qui ne font l'objet que de petites lignes dans notre presse, où les victimes se comptent déjà par centaines.

Nous souhaitons aussi éviter une catastrophe économique qui toucherait tous les pays. Nous pensons que les effets induits des catastrophes naturelles opéreront une ponction croissante sur le produit intérieur brut mondial.

D'ores et déjà, cette ponction s'élève à 1 %. Si elle atteint 3 ou 4 % et qu'à cela s'ajoute la catastrophe du pic pétrolier, nous serons dans une période de récession et il sera impossible d'agir.

Notre idée est donc d'inciter rapidement et concrètement. C'est le but de notre journée et de ses quatre tables rondes, journée qui s'achèvera sur des propositions que nous soumettrons d'ailleurs au ministre de la recherche qui nous rejoindra.





**CHANGEMENT CLIMATIQUE  
ET TRANSITION ENERGETIQUE**

**COLLOQUE DU 29 JUIN 2006**

**THEME DE LA MATINEE :  
CE QUI ARRIVERA... QUAND ?**



## PREMIERE TABLE RONDE :

### VERS UNE ACCELERATION DES EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

#### Participants :

- Dr Peter BACKLUND, Director, Research relations, National Center for Atmospheric Research, USA
- Mme Dominique DRON, Professeur à l'Ecole de Mines de Paris,
- M. Jean-Claude DUPLESSY, Directeur de recherche, Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, CNRS
- M. Dominique SANTINI, Directeur général adjoint de GENERALI Assurances

**M. Claude SAUNIER** - Je donne tout de suite la parole à l'un de nos éminents invités, Peter BACKLUND, Directeur au Centre national américain de recherche sur le climat.

**M. Peter BACKLUND** - Merci beaucoup. Je suis enchanté d'être présent parmi vous.

Dans le cadre de ce colloque, on m'a demandé de vous présenter certaines preuves du dérèglement climatique et des évolutions futures afin de vous démontrer qu'il faut absolument gérer ce problème, et ce immédiatement.

Je travaille au Centre de Boulder, Colorado. C'est un institut de recherche universitaire. Nous sommes à l'origine de nombreux programmes afin de mettre en place des outils d'observation, d'explication et de mise en œuvre.

J'aimerais commencer en évoquant certaines évidences concernant le changement climatique. On le sait parfaitement, certains gaz à effet de serre, le CO<sub>2</sub>, le méthane, etc., piègent la chaleur dans l'atmosphère.

Nous savons également, grâce aux mesures, que la combustion fossile ainsi que la déforestation et autres processus anthropiques augmentent la quantité de CO<sub>2</sub> et d'autres gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Cette teneur a augmenté de plus de 30 % depuis 1750 et l'on s'aperçoit qu'elle a atteint des niveaux inconnus depuis des millions d'années.

La concentration de méthane a augmenté de plus de 150 % depuis 1950 et de plus en plus d'observations et de modèles informatiques illustrent bien les effets du dérèglement climatique qui commence à impacter les écosystèmes marins et terrestres.

La température de la surface a crû de 0,6 degré. D'après les archives émanant des analyses des carottes glacières, cette décennie est probablement l'une des plus chaudes depuis 2 000 ans. Et au cours de ces 10 dernières années, on a enregistré les neuf années les plus chaudes du siècle passé.

Les glaciers au Groenland sont en train de fondre. L'épaisseur de la banquise se réduit dans l'hémisphère nord. Les effets du dérèglement climatique se font sentir tous les jours et au cours des 40 à 50 dernières années, l'évolution s'est accélérée. Je pense qu'on a franchi un seuil.

Nos simulations informatiques montrent que les facteurs naturels ne sont pas seuls en cause. On peut prendre en compte les volcans, la chaleur du soleil mais la seule façon de faire fonctionner la modélisation informatique est de considérer les gaz à effet de serre produits par l'activité humaine.

On observe des modifications dans les routes migratoires des insectes, des oiseaux et une migration des espèces tropicales. Ce dérèglement climatique va se poursuivre au 21<sup>e</sup> siècle. Nous avons conduit des simulations pour le GIEC. Les recherches menées dans mon laboratoire montrent que les changements intervenant bientôt seront les plus importants que l'histoire ait connus depuis 10 000 ans.

Il semble que si les concentrations atmosphériques se maintiennent, c'est-à-dire que l'on réduit les émissions de CO<sub>2</sub>, la température mondiale augmentera quand même de 0,4 à 0,6 degré.

Or, les concentrations de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère vont augmenter de 800 PPM, soit plus 3,5 degrés. La montée des océans peut atteindre 20 à 30 cm, cela dépendra de la teneur dans l'atmosphère de gaz à effet de serre. La fonte de la banquise et des glaciers peut exacerber le problème. L'augmentation des précipitations mondiales, des pluies diluviennes, intervient également. Ces phénomènes climatiques vont s'aggraver et perdurer dans de nombreuses régions du monde, d'où un impact énorme sur la société et l'environnement.

L'augmentation des températures mais aussi celle des précipitations aggraveront les risques de sécheresses, d'inondations, de stress hydrique. Cela se vérifie notamment dans les pays en voie de développement.

Cela entraînera, bien sûr, l'apparition de nombreuses maladies et une modification du climat que l'on n'aura jamais vue auparavant (inondations des régions côtières et problèmes agricoles dans de nombreuses régions).

Comme je l'ai dit précédemment, les espèces de faune et de flore risquent de migrer vers le Nord.

Nous avons conduit des expériences de modélisation qui montrent que ce dérèglement climatique va se poursuivre au-delà du 21<sup>e</sup> siècle. La montée du niveau des océans, et ce quel que soit le niveau d'émission de CO<sub>2</sub>, va se poursuivre au cours des 300 à 400 années à venir.

Pour éviter ces dérèglements climatiques, les émissions de gaz à effet de serre devront être réduites de manière significative.

Toutes ces données sont issues de nos travaux de modélisation. Lorsque nous nous référons aux observations, nous nous apercevons que notre modèle informatique sous-estime l'ampleur des dégâts.

D'énormes efforts ont été déployés aux États-Unis pour évaluer l'impact de ce dérèglement sur l'environnement et la population. Certaines de ces évolutions affecteront les écosystèmes, notamment les forêts, les terres agricoles. Nombre de ces évolutions qui interviendront vers 2050 concerneront la disparition de certaines espèces de poissons, la truite par exemple. Ces disparitions se produisent déjà à l'heure où nous parlons. Certaines essences d'arbres, notamment de pins, disparaissent en raison du stress hydrique. Il y a eu apparition de

nouvelles sortes d'insectes alors que d'autres disparaissent, notamment dans l'état du Nouveau Mexique et au Groenland.

Les observations montrent que la fonte des glaciers est plus rapide que ce que l'on croyait. Bien entendu, cela conduira à une montée du niveau des océans. Un article publié la semaine dernière montre que cette fonte s'accélère et que les glaciers pourraient avoir disparu dans les prochaines décennies.

Enfin, dans le cadre du MIT, nous avons mené une série d'études concernant l'impact du changement climatique sur les ouragans. Un nouveau changement climatique a commencé il y a 30 ou 40 ans. Les ouragans sont de plus en plus fréquents et gagnent en force. Ils sont de plus en plus destructeurs, de catégories 3 ou 4.

Aux États-Unis, un plus grand nombre d'ouragans, issus de l'océan Atlantique, risquent d'entrer dans le Golfe du Mexique.

Ces différentes évolutions, ainsi que je l'ai dit précédemment, sont liées à la combustion des fossiles. L'objectif de cette conférence est d'établir un calendrier. Nous ne disposons que de 30 à 40 ans pour modifier la tendance actuelle. Si nous ne prenons pas les mesures qui s'imposent, nous en ressentirons les conséquences. Merci infiniment.

**M. Pierre LAFFITTE** - Nous donnons la parole à Mme Dominique DRON, Professeur à l'École des mines de Paris, qui a déjà une longue carrière, malgré son jeune âge, dans le domaine qui nous intéresse.

**Mme Dominique DRON** - Merci de votre invitation.

Il y a, en effet, beaucoup à dire sur le sujet. Je voudrais cibler deux ou trois exemples.

Le premier : on parle de 0,5 ou 1 degré de plus. On a l'impression que c'est peu. Je voudrais illustrer ce que cela signifie : la canicule de 2003 représente moins de 1 degré de différence en température moyenne de l'année par rapport à l'année la plus chaude qui a précédé et pourtant, prenons le cas des écosystèmes, ceux-ci, tellement stressés, ont perdu l'équivalent de quatre ans de captation du carbone par la végétation européenne.

Alors que, dans les modèles, on considérait que la hausse du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère favoriserait la croissance des arbres, on s'aperçoit que des événements extrêmes renversent complètement cette prévision.

Autre exemple de la radicalité possible des changements induits par une très petite différence de température touchant la morue de l'Atlantique : la température de cet océan s'est élevée d'un degré en superficie. Cela suffit pour que dans le plancton dont se nourrissent les alevins de morue, l'espèce septentrionale soit remplacée par celle du Sud.

On pourrait penser que cela n'a pas d'importance. Si, l'espèce du Sud est plus petite et moins chargée en lipides mais surtout le bloom, le moment où ses copépodes explosent, est déplacé dans le temps par rapport au bloom des alevins de morue.

Si vous ajoutez à cela que l'eau chaude bouge plus que l'eau froide, les alevins de morue ne parviennent plus à attraper ces copépodes plus petits. Un degré suffit à transformer

80 % des copépodes du Nord en 80 % de copépodes du Sud, d'où un bouleversement de l'écosystème.

Ces deux exemples démontrent que de petits écarts induisent des bouleversements radicaux dans les systèmes biologiques qui se sont ajustés pendant des centaines de millions d'années. Deuxième élément : effectivement, il faudra caler nos actions par rapport à ces modifications de contexte, non seulement en tenant compte d'événements extrêmes -je laisse le représentant du secteur des assurances évoquer cet aspect- mais aussi de l'adaptation aux modifications profondes du contexte, c'est-à-dire une élévation de température, disons, très brutale. On parle d'écarts de température 10 à 100 fois supérieurs à celle dont les écosystèmes ont « l'habitude » depuis plusieurs millions d'années.

Il faut savoir que pour nous les 10 000 dernières années ont été très stables du point de vue climatique. Ces années au cours desquelles la civilisation s'est développée ont été exceptionnellement invariables en termes de climat. Nous entrons là dans ce qui n'a pas de précédent géologique selon certains paléoclimatologues.

Enfin, ce n'est pas forcément ingérable tant qu'on reste dans des limites faibles de modification du changement climatique mais cela a deux conséquences. Ces limites relativement faibles ont rapidement des significations brutales. J'ai pris l'exemple de la morue mais je voudrais vous donner quelques idées au plan global :

- 1 degré de plus qui, en 1990, entraîne la disparition du récif corallien ;

- 2 degrés de plus correspondent à 1,5 milliard de personnes en pénurie d'eau sur le globe et à la perte de 25 à 50 % des espèces vivantes sur la planète selon les régions ;

- 2,5 degrés de plus, c'est la fonte de la calotte du Groenland, donc 5 à 6 m d'eau en plus dans les océans, 2,5 milliards de personnes en pénurie d'eau et la forêt amazonienne totalement remplacée par la savane avec tout ce que cela induit en termes d'équilibre planétaire climatique ;

- 3 degrés correspondent à l'inversion généralisée des flux de carbone végétaux, ceux-ci deviennent en grande majorité des sources de carbone, le sol produit des émanations de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub> et méthane) plus fortes que la captation des végétaux, changement total du puits de la biosphère et 3,5 milliards de personnes en pénurie d'eau.

Le scénario « business as usual » de l'Agence internationale de l'énergie se base sur 1 ou 2 degrés de plus en 2030...

Le pouvoir de captation des océans sera également revu à la baisse...

Je souhaite insister sur un troisième point selon lequel nous aurons à adapter nos systèmes de gestion du territoire au fonctionnement des sociétés et des économies en tentant de l'instaurer autrement que secteur par secteur.

Un exemple : on parle beaucoup de l'utilisation de la biomasse pour l'énergie, certes, mais pas à n'importe quel prix, je parle de prix de carbone.

On se rend compte que si l'utilisation de palmiers à huile pour produire du diesel se solde, comme c'est le cas aujourd'hui, par la déforestation de l'Indonésie ou si l'utilisation de grandes cultures au Brésil aboutit au recul de la forêt amazonienne, le bilan carbone total de l'utilisation de cette biomasse est moins bon que de continuer à mettre de l'essence dans la voiture.

Les sols, en effet, produiront plus de carbone que nous n'en sauverons en remplaçant les carburants fossiles. Il faut donc être attentif à ce que l'on fait « du champ à la roue » quand on essaie de définir des organisations et des nouvelles technologies.

Enfin, dans l'organisation du fonctionnement des sociétés, devra être pris en compte le fait qu'en Europe de l'Ouest nous bénéficions depuis plusieurs siècles d'un climat plutôt sympathique dans lequel les événements extrêmes sont faibles et où la prévisibilité des conditions météorologiques et climatiques est bonne.

Ce climat bien moins violent que celui de nos voisins d'Outre-Atlantique n'existera plus. Il faut l'admettre. Je n'annonce pas forcément la catastrophe intégrale mais il faut réellement diviser par deux les émissions du monde d'ici à la moitié de ce siècle et donc de quatre à cinq celles des pays industrialisés pour ne pas dépasser de plus de 2 degrés la température moyenne du globe, ce qui signifie chez nous pas plus de 3,5 degrés. On est déjà à plus 5 ou 6 sur l'Arctique.

Cela veut dire que dans les prévisions en termes d'investissements et de frais d'exploitation, deux aspects devront être envisagés :

- viser davantage la robustesse des systèmes et la performance sectorielle parce que, dans les territoires qui seront trop vulnérables aux chocs, les meilleures entreprises ou les procédés les plus fins ne fonctionneront pas, donc la robustesse des cohérences sera nécessaire,

- consacrer plus de moyens qu'avant à la prévention et à la réparation des dommages, c'est la réalité des choses. Cela signifie aussi qu'acteurs publics ou privés, dès lors que seront établies des prévisions budgétaires, tactiques ou stratégiques sur l'adaptation du fonctionnement, il faudra se dire qu'une partie plus importante qu'avant de la capacité de financement devra être consacrée à la réparation et à la prévention des dommages de manière à laisser aux territoires un minimum de robustesse.

**M. Pierre LAFFITTE** - Merci. Je pense que tout le monde a bien saisi l'importance de ce que représente ce petit degré et ses dangers considérables, y compris dans les migrations de populations massives.

**M. Jean-Claude DUPLESSY** - Au stade actuel, nous avons déjà entendu énormément d'informations scientifiques, je vais essayer d'amener quelques compléments.

Je veux insister sur le fait qu'il reste un message à diffuser : nous sommes loin d'avoir tout compris sur le climat. Je ne saurais trop faire un plaidoyer pour que l'on renforce les études et les recherches pour la compréhension dans la façon dont le débat évolue. Je ne saurais trop vous en remercier...

Quelques idées très simples quant au fait que la France n'est pas à l'abri du changement climatique : nous avons sur notre territoire des preuves de ce changement très courantes. Le nombre de jours de gel diminue de façon systématique depuis plus de 30 ans. Les températures les plus basses n'existent pas, les températures d'hiver sont en augmentation permanente. De la même façon, les plus hautes sont aussi en train d'augmenter. Les températures de la nuit augmentent plus que celles du jour, c'est simplement l'une des signatures de l'effet de serre, le gaz carbonique intervient fortement au moment où le soleil n'est plus là pour nous réchauffer.



Deuxième point sur lequel insister : nous avons maintenant, en dépit de ce que disent certains détracteurs, de plus en plus de preuves du changement climatique que nous vivons actuellement. D'une part il est assez unique, mais d'autre part il est fortement induit par les activités humaines.

M. BACKLUND a décrit tout ce qu'un laboratoire de modélisation peut faire pour démontrer que l'on a besoin de mettre les gaz à effet de serre et les poussières émises par les activités humaines dans les modèles et de les représenter correctement pour simuler raisonnablement ce qui se passe. Autrement dit, on ne peut éviter de faire appel aux activités humaines pour expliquer le changement climatique.

Nous avons étudié ce qui s'est passé depuis des milliers d'années. Dans la communauté des paléontologues, nous avons observé le caractère absolument unique du changement climatique qui se produit depuis 20 ans. On le connaît grâce aux données météo : pratiquement la totalité de la planète est en train de subir un réchauffement plus ou moins intense selon les endroits.

On a connu d'autres fluctuations climatiques dans le dernier millénaire, par exemple « le petit âge glaciaire », qui correspond à l'époque de Louis XIV à Napoléon III, et une période plus chaude appelée « le climat médiéval ».

Maintenant que l'on est capable de documenter ce millénaire, on s'aperçoit que pendant que cela se réchauffait pendant 10 ou 15 ans sur l'Europe, d'autres parties du globe se refroidissaient.

Les années favorables décrites dans les enregistrements chinois ne correspondent pas à celles favorables en Europe. Cela signifie qu'un changement climatique se manifeste par des oscillations. Trouver une tendance continue et monotone est difficile. Nous y sommes arrivés aujourd'hui : notre cause est différente de celles naturelles pour expliquer cette tendance uniforme sur l'ensemble de la planète.

Ce sont deux points qui, véritablement, nous permettent d'affirmer que les hommes jouent un rôle dans cette situation.

Autre point, au risque de jouer les Cassandre : il y a possibilité de rupture d'équilibre au sein du climat. Ce que nous avons découvert il y a moins de 15 ans maintenant, nous ne l'avons pas réellement exploité. Effectivement, le climat est susceptible de fluctuations extrêmement brutales. On a des exemples de plus de 10 degrés au large de la France en moins de 70 ans. Vous pouviez naître sous le climat du Groenland et finir avec celui de Nice.

Ces ruptures d'équilibre, on en connaît de nombreuses possibilités d'exemple. Je vous en liste trois dont les conséquences sont importantes :

- La possible perturbation de la circulation de l'océan à l'échelle globale génèrera, finalement, une perturbation du flux de chaleur que l'hémisphère Sud fournit à l'hémisphère Nord.

- La fonte possible de la calotte du Groenland, en ce moment en raison du réchauffement encore modeste, s'accélère. Cependant comme il pleut et neige plus sur les hautes altitudes, le bilan s'équilibre plus ou moins. Il y a une certaine compensation mais cette limite remonte au fur et à mesure que la température se réchauffe. Dès lors que le sommet du Groenland sera franchi, la fonte sera initiée définitivement.

- Un autre problème similaire concerne la calotte antarctique de l'Ouest qui déborde sur l'océan. Elle est léchée par les eaux peu profondes de l'océan. Ces eaux se réchauffent, on

le mesure en ce moment. Léchée par en dessous, cette langue est déstabilisée, d'où des répercussions très loin à l'intérieur de la calotte glaciaire, ce qui peut la faire fondre.

Groenland d'un côté et Antarctique de l'autre mesurent 6 m chacun, soit 12 m de plus dans le niveau de la mer. Ce sont des phénomènes à seuils. Pour l'instant, nous sommes sûrs que des seuils existent. Si le changement climatique n'est pas trop fort on ne les franchira pas, sinon cela deviendra irréversible.

L'état de la science est le suivant : nous savons que ces seuils existent mais ne savons pas où ils se trouvent.

Je vais conclure sur ce point en indiquant qu'il est indispensable de bien réaliser que nous avons énormément de sujets à comprendre dans le comportement de ce qu'on appelle « le système climatique ».

Sur l'océan, l'atmosphère, les glaces, la végétation, nous avons énormément de recherches à mener et allons au-devant de surprises, certaines très désagréables. Nous devons étudier pour tenter de prévoir la situation et, bien évidemment, il appartient aux hommes politiques de mettre en place une politique énergétique nous garantissant, avant même que nous soyons capables de déterminer précisément ce que sont ces seuils, que nous ne les franchirons pas.

**M. Dominique SANTINI** - Voilà la position des assureurs nécessairement plus économique puisque basée sur le constat des sinistres déclarés et réglés.

Je crois que tout le monde s'accorde sur certains points : le climat de notre planète se réchauffe inéluctablement. Les causes de ce réchauffement sont à la fois naturelles mais surtout, maintenant, anthropiques. Quoique l'on fasse pour le réduire, l'effet de l'inertie du climat est tel que nous allons vers un réchauffement prévu pour la fin de ce siècle compris, selon les situations, entre 1,5°C et 5,8°C, selon les climatologues.

Tout cela pour dire que nous avons la quasi-certitude que les effets dommageables des événements naturels ne pourront aller que s'accroissant.

Quelques chiffres : en 2004 il a été enregistré par les assureurs, sur le plan mondial, 650 catastrophes naturelles pour un coût économique évalué à 120 Mds € en pertes économiques, dont 36 étaient assurés.

L'année passée, pour ne parler que de la situation aux États-Unis, les ouragans Katrina, Rita et Wilma ont coûté de l'ordre d'une centaine de milliards de dollars dont la moitié sera prise en charge par les assureurs et réassureurs.

En France, au cours des 25 dernières années les assureurs ont été confrontés à trois catégories de dommages :

- ceux couverts par le régime obligatoire de solidarité instauré par la loi de 1982 pour couvrir les sinistres consécutifs aux catastrophes naturelles. Il s'agit d'inondations et de sécheresses. Entre 1990 et 2003, ce sont 11 Mds€ indemnisés au titre des catastrophes naturelles, soit une moyenne annuelle de 770 M€.

- deuxième catégorie de dommages rencontrés, ceux consécutifs aux tempêtes, à la grêle et au poids de la neige. La garantie tempête est obligatoire depuis 1990 au titre des contrats dommages aux biens. Pour ces trois phénomènes, environ 10 Mds€ ont été indemnisés

dont 6,7 Mds€ au titre des tempêtes de 1999, Lothar et Martin. On est encore sur une moyenne de plus 700 M€ à l'année

- Enfin, dommages aux récoltes pris en charge par le régime de calamités agricoles, ce fonds aura réglé, entre 1990 et 2003, 1,8 Md€, soit une moyenne de 130 M€.

Au total, 21 Mds€ auront été réglés au titre des catastrophes naturelles en France sur la période 1990/2003, soit 1,5 Md€ à l'année.

Je ne prends pas en compte les biens non assurés (les voiries, les réseaux, les biens appartenant à l'État) et ne parle pas des assurances de personnes avec la surmortalité consécutive à la canicule de 2003.

Après les constats, les perspectives : essentiellement trois éléments feront l'objet d'une surveillance toute particulière de la part des assureurs dans les années qui viennent parce que, de leur évolution, dépendra le maintien de l'assurabilité des conséquences dommageables du réchauffement climatique.

Le premier élément à surveiller est l'évolution de la fréquence et de l'intensité des catastrophes naturelles. Il faut savoir que les ressources du régime actuel sont de l'ordre de 1,2 Md€. La seule sécheresse de 2003 est évaluée en termes de coût entre 1,2 et 1,5 Md€ actuellement.

On nous prédit que des événements identiques deviendront monnaie courante dans les décennies à venir...

Nous aurons à surveiller l'évolution des enjeux économiques, c'est-à-dire la concentration des richesses dans les zones les plus exposées. L'activité et les concentrations migratoires sont, en effet, essentiellement dans des zones en bordure de littoral ou de fleuve, voire parfois en zone sismique, ce qui accroît le potentiel de dommages économiques et de risques de pertes humaines.

Enfin, et c'est le dernier levier sur lequel nous voulons insister, favoriser les actions de prévention et d'adaptation en relation avec les pouvoirs publics, dont c'est le premier rôle en la matière : État, collectivités territoriales, administrations doivent promouvoir des actions et des dispositifs préventifs.

Sur ce point, j'aurais, au nom des assureurs, trois suggestions fortes à formuler :

- La première concerne les cartes d'aléas pour une meilleure connaissance des expositions et des enjeux. Il faudrait que la France se dote d'une cartographie à la fois nationale, homogène, exhaustive et publique et, en particulier, sur les trois risques majeurs que sont les inondations, la sécheresse et le risque sismique.

- Par ailleurs, trop peu de communes sont dotées de plans de prévention des risques naturels. Il y a beaucoup de prescriptions, il faudrait passer au stade de leur mise en œuvre. Les prescriptions et mises en œuvre doivent être accélérées et surtout l'État doit absolument contrôler davantage la pertinence de leur application et leur efficacité.

- Les coûts consécutifs à la sécheresse sur le bâtiment sont énormes. Il convient d'édicter des normes de construction pour les bâtiments à construire à partir d'une certaine date, de manière que ceux situés dans des zones sujettes à l'hydratation et la déshydratation soient construits dans les règles de l'art.

En conclusion, je veux synthétiser de la façon suivante : le réchauffement climatique et son accélération, tels que le constatent les assureurs, pèsent et pèseront plus lourdement sur le coût de nos protections.

Deuxièmement, la couverture des événements naturels est aujourd'hui à la frontière de l'assurabilité. Il faut savoir que les assureurs ne peuvent que mutualiser des risques gérables et évaluables, et encore dans la limite de la solvabilité des marchés. Il en va de même pour les réassureurs qui font appel à leur tour aux marchés financiers pour mutualiser la couverture de sinistres au niveau planétaire. C'est pourquoi l'État doit absolument intervenir en dernier ressort afin d'organiser la solidarité au-delà des capacités des marchés et imposer sans faiblesse les actions de prévention nécessaires à la maîtrise de ce type de risque et au développement durable dont il est fortement question.

**M. Pierre LAFFITTE** - Je donne la parole à la salle pour qu'elle formule ses remarques.

**M. Michel PETIT** - J'ai été l'un des représentants de la France dans le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) pendant 10 ans. Je continue de suivre ses travaux.

Je souscris à tout ce qui a été dit par les scientifiques. J'ajouterai un point important à propos de l'inertie du système climatique. Pour le moment, nos émissions ne cessent de croître année après année. Si on veut les diviser, et c'est ce qu'il faut faire, par un facteur 2 à l'échelle mondiale d'ici 2050, il faut absolument que ces émissions se réduisent.

Entre le moment où le pic des émissions sera atteint et celui où on verra la courbe de la concentration des gaz à effet de serre commencer à diminuer, il s'écoulera plusieurs décennies et encore plus avant que la température elle-même ne se stabilise.

Nous ne devons pas penser attendre de voir que les catastrophes se produisent sinon nous condamnons toutes les générations à venir à subir un réchauffement climatique très largement supérieur à celui qui nous a enfin décidés à agir.

Autre point sur lequel je souhaite insister de nouveau : on parle souvent de réchauffement global parce que c'est une valeur commode. Plusieurs de mes collègues ont déjà mentionné le fait que par exemple, dans l'Antarctique, le réchauffement correspond à trois fois le réchauffement climatique moyen présent. Se posent des problèmes de fond de permafrost, de terre gelée en permanence, tout à fait dramatiques dans ces pays.

**M. Ghislain de MARSILY**, Professeur à l'université Pierre et Marie Curie et membre de l'Académie des Sciences.

Je formulerai deux remarques inspirées de ce que j'ai entendu et d'un rapport de l'Académie des Sciences, « Rapport pour la Science et la Technologie », qui paraîtra en septembre s'adressant aux problèmes de l'eau. Nous avons regardé les conséquences que peut avoir le changement climatique sur les ressources en eau et sur l'alimentation des personnes. Ce qui a été dit par les orateurs, en particulier Mme DRON, est tout à fait exact.

Quand on parle du climat, il ne faut pas oublier l'importance extrême de la démographie. Nous allons passer d'ici 2050 de 6 et quelques milliards d'êtres humains à 9. Le point sur lequel nous avons insisté dans notre rapport était de dire que pour nourrir ces 9 milliards de personnes il n'y a pas d'alternative à mettre en culture un milliard d'hectares de plus. Où se trouve-t-il ? Eventuellement en Afrique et en Amérique du Sud.

Madame DRON, vous avez parlé de la déforestation de l'Amazonie, elle est inévitable pour nourrir 9 milliards de personnes. Les effets cités de sources de carbone au lieu de puits de carbone de la végétation doivent être impérativement pris en compte.

Il n'est pas utile de vouloir faire de l'énergie avec la biomasse, il faudra aggraver encore plus que cela ne l'est l'utilisation de l'espace et le puits de carbone. C'est extrêmement important et personnellement je doute que la planète soit capable en 2050 de subir à la fois le contrecoup de l'effet climatique et de nourrir 9 milliards de personnes. Nous allons droit dans le mur.

Je reviens sur la biomasse. Une conférence a eu lieu il y a une dizaine de jours sur le thème : « Peut-on nourrir 9 milliards de personnes et produire de l'énergie par le biais de la biomasse ? » La réponse est sensiblement non. On peut en faire un peu. Quoiqu'il en soit, les besoins alimentaires vont interdire de généraliser la biomasse comme ressource alternative à la production d'énergie.

Mon dernier point n'a rien à voir mais il est très important. Comme l'ont dit MM. DUPLESSY et BACKLUND, pour comprendre l'évolution des climats il faut avoir des données nombreuses et fiables sur l'évolution des paramètres climatiques et en particulier -je suis hydrologue- des débits des fleuves, des précipitations, etc.

Actuellement, le monde entier se trouve dans une phase dramatique de réduction, pratiquement d'un facteur 10 à 100, de la disponibilité de ces données. Ceci pour deux raisons, d'abord dans les pays en voie de développement, du fait des difficultés économiques, ces informations ne sont plus récoltées mais, plus grave, dans les pays en développement, les contraintes économiques font que ces données confidentielles sont vendues.

Les chercheurs n'ont donc plus accès aux débits des grands fleuves pour savoir s'il y a de façon mesurable évolution dans les débits. Cela peut être facilement réparé au niveau de la France et de l'ONF. Aussi une mesure doit être prise pour que les chercheurs, peut-être avec trois mois de délai, mais au plus tard dans l'année qui vient, disposent de ces données climatiques.

**M. ELGHOZI**, auditeur - Bonjour.

J'apprécie, Messieurs SAUNIER et LAFFITTE, que vous ayez établi ce rapport extrêmement important pour que le public prenne conscience des effets néfastes de la pollution.

Deux remarques : le cyclone Katrina a été évoqué à plusieurs reprises. Des effets aggravants en termes de dégât sont aussi liés à l'absence de décision politique concrète puisque les habitants de La Nouvelle-Orléans réclamaient depuis plus de 50 ans que les digues, extrêmement anciennes et non adaptées aux cyclones, soient refaites.

Le cyclone Katrina n'est pas le premier à survenir à La Nouvelle-Orléans mais le septième, de mémoire. Il fait, en effet, partie des trois plus graves qu'a subis cette ville.

Les habitants de La Nouvelle-Orléans avaient réclamé au Congrès américain des budgets pour refaire ces digues. Leur rupture, puisque cette ville est en dessous du niveau de la mer, vous l'avez compris, a particulièrement aggravé les dégâts.

Par ailleurs, je m'intéresse à l'environnement depuis plusieurs années. J'habite la banlieue lyonnaise. J'ai constaté que les capteurs de pollution dans notre pays, avancé au plan technologique, ne sont pas disponibles dans toutes les villes de France et les mesures de polluants sont sélectives. On a l'habitude de dire que l'on trouve ce que l'on cherche et, naturellement, on ne trouve pas ce que l'on ne cherche pas... Je pense aux particules, aux dérivés benzéniques, à différents types de polluants dont certains sont connus pour leurs vertus péjorativement cancérigènes. Il est donc important que les pouvoirs politiques prennent des décisions sérieuses et pas seulement sur les mesures de ces polluants.

Pour la région lyonnaise, il existe un réseau, COPARLY, dont les décisions se bornent à des recommandations de limiter l'effort physique, la sortie des femmes enceintes, des enfants et des personnes âgées. Cela fait sourire dans le sens que l'accumulation de ces toxiques aériens a probablement un effet néfaste sur le long terme pour la santé humaine. Aucune étude claire sur le sujet de l'impact n'a été délivrée.

Que la France soit en avance sur son attitude responsable quant aux effets néfastes de l'accroissement de gaz à effet de serre et de réchauffement de la planète n'est pas ce qui m'ennuie, mais plutôt de savoir quels sont les moyens dont dispose notre pays pour proposer des incitations sérieuses de réduction aux pays les plus producteurs de polluants et de gaz à effet de serre. Je pense à l'Inde et plus particulièrement à la Chine.

L'Europe dispose-t-elle de moyens politico-économiques suffisants pour inciter ces pays à réduire leur pollution ? Si la France accomplit tous les efforts possibles, cela ne suffira pas pour un impact mondial.

Enfin le droit de polluer s'achète. En effet, certains pays ont la possibilité de payer des taxes pour leur permettre de dépasser le quota de pollution.

En conclusion, quelles incitations concrètes proposez-vous ? Peut-être cela apparaî-t-il dans votre rapport auquel je n'ai pas eu accès.

**M. Pierre LAFFITTE** - Nos conclusions conduisent à ce que les pays qui ne s'adonneraient pas aux mêmes vertus puissent y être contraints en changeant les règles de l'Organisation mondiale du commerce. Ce sera vu dans d'autres tables rondes.

**Mme Annie BARBIER** - Je travaille au CRDT de Paris. Je suis responsable du site : « Education à l'environnement pour un développement durable » de l'académie de Paris.

Je vous remercie de vos propositions mais suis atterrée de nous voir aussi peu nombreux dans une salle particulièrement éclairée et une climatisation aussi poussée...

Quand va-t-on se décider à agir autrement ? J'agis de même mais je fais part néanmoins de mon étonnement.

**Mme Dominique DRON** - A propos de l'utilisation d'espaces pour la nourriture, etc. il est vraiment temps d'examiner les questions agricoles autrement que d'une façon monobloc comme jusqu'à présent.

Un exemple : on trouve en Californie des développements de méthodes d'agriculture complètement biologique qui s'appellent « biologiques intensifs » qui permettent de nourrir des personnes avec cinq fois moins d'espace, 20 fois moins d'énergie et 10 fois moins d'eau.

Ce n'est pas pour rien qu'aux États-Unis des programmes de recherche sont lancés sur la manière donc fonctionnent les écosystèmes naturels comme les grandes prairies. L'idée est de savoir comment un écosystème peut produire constamment autant de biomasses sans intrant.

J'ajoute que la pression sur l'espace vient du fait qu'il faut nourrir les personnes mais aussi, si l'on veut que la planète et les écosystèmes, nos supports de vie, passent la transition climatique, nous sommes obligés d'aménager des territoires et la planète de manière à préserver des corridors de migrations biologiques et des espaces dans lesquels la pression sur les écosystèmes est atténuée au maximum. C'est de leur biodiversité que viendra la plasticité d'adaptation à ce choc très rude qui nous attend de l'ensemble des écosystèmes de la planète.

Il faut produire de l'énergie, loger des personnes et les nourrir mais prévoir la ceinture de sécurité biologique d'adaptation à ce changement climatique. Cela ne fait pas partie des idées spontanées dans notre beau pays.

**M. Claude SAUNIER** - M. BACKLUND peut-il préciser le point de vue des chercheurs et des difficultés de dialogue entre eux et les responsables politiques aux États-Unis actuellement ?

Au moment où nous étions en mission aux États-Unis, il y avait de bonnes et de mauvaises nouvelles. Au titre des mauvaises, comme certains gouvernements, celui américain restreignait les crédits notamment destinés aux chercheurs. Le grand centre de recherche en matière d'agronomie de la banlieue de Washington, dans lequel nous étions, venait d'apprendre qu'il lui faudrait supprimer la moitié de ses effectifs sur des programmes d'ailleurs relativement modestes.

Simultanément, trois jours après le discours sur l'état de l'Union, le Président BUSH indiquait sa volonté d'orienter les États-Unis vers davantage d'autonomie énergétique. Ce qui a d'ailleurs donné lieu à plusieurs types d'interprétations.

Parmi les bonnes nouvelles, il y avait celle de la prise de position de 80 églises évangélistes qui demandaient au gouvernement américain de prendre des mesures pour laisser la planète dans l'état dans lequel il l'avait trouvée.

C'est une opinion publique partagée, dont une des difficultés nous a été exprimée par les chercheurs. Nous avons passé trois-quarts d'heure avec le Pr. CHU, Directeur du Lawrence Livermore National Laboratory à Berkeley, prix Nobel. Il a témoigné de ses difficultés à convaincre de la pertinence de ses analyses les responsables politiques mais aussi l'opinion américaine dont on voit qu'elle aura du mal à changer radicalement de mode de développement, d'ailleurs fondamentalement assez semblable au nôtre, avec quelques excès : 5 % de la population mondiale et 25 % de la production CO<sub>2</sub>.

**M. Pierre LAFFITTE** - Il a même ajouté être prêt personnellement, et la majorité des scientifiques américains aussi, à s'associer à une espèce de fédération mondiale des bonnes volontés en vue du changement radical de perception et d'aider à la transition énergétique. C'est une réponse partielle.

**Mme Dominique DRON** - Ce sont des questions de diplomatie climatique.

Prenons le cas de pays différents : la Chine, l'Inde et les États-Unis. Les premiers ont bien compris que le mode de vie américain, c'est-à-dire, *grosso modo*, une consommation énergétique double, par point de PIB, à la consommation européenne, n'était pas raisonnable. Ce sont des pays à zones très densément peuplées, des pays en développement. Même si cela va très vite, ils ont besoin d'assurer les besoins de base de beaucoup de personnes.

Notamment pour tenir la stabilité politique des mégapoles, l'exode rural est massif en Chine, ils doivent assurer le plus possible l'alimentation en eau et énergie. L'efficacité énergétique est encore plus vitale pour eux que pour nous. Ils ne peuvent s'offrir un excès de production énergétique par rapport à leur population. Même s'ils sont très riches, cela ne tient pas.

La préoccupation de l'efficacité énergétique est cruciale pour eux, d'autant que la Chine, comme l'Inde, sont très touchées par les effets du changement climatique. Regardez, la désertification en Chine va vite et la sécheresse en Inde pose vraiment de graves problèmes. On ne peut dire qu'ils ne soient pas sensibilisés. Leur difficulté est de trouver un équilibre entre ce qu'il faut de développement pour faire tenir le pays et la préoccupation des Chinois et des Indiens, plus profondément ancrés dans leur culture, de la nécessité de relations harmonieuses avec la nature.

Maintenant il faudra les aider ; cela veut certainement dire des transferts conséquents pour qu'ils puissent bénéficier des organisations et des meilleures technologies, au moins pour ce qui concerne le bâtiment et le transport. La manière dont chaque pays joue ses avantages, c'est la vie.

S'agissant des États-Unis, j'aimerais que notre collègue américain donne son avis. Ayant participé aux négociations climatiques, j'ai eu l'impression, pendant un bon moment, que le gouvernement américain avait le sentiment qu'il pouvait rejouer le coup du protocole de Montréal, à savoir nier la gravité de la situation jusqu'à, en mettant suffisamment d'argent, proposer l'équivalent des HFC du protocole de Montréal pour le CO<sub>2</sub>.

Mes interlocuteurs semblaient penser que ces progrès technologiques arriveraient vite, en moins de 10 ans. Il semble qu'ils aient un peu changé d'avis, si j'en crois le coordonnateur américain, et surtout les États-Unis sont grands et la politique du gouvernement fédéral n'est pas celle des États dont un bon tiers est actif.

**M. Peter BACKLUND** - Concernant la position du gouvernement américain dans les négociations, je ne fais pas partie du gouvernement, j'étais dans le précédent, je ne suis donc pas qualifié pour répondre.

A propos de la liberté des scientifiques et des chercheurs aux États-Unis, certaines agences qui financent la recherche découragent les scientifiques de s'exprimer mais ceux-ci se rebellent. Une évolution importante est intervenue au niveau des agences qui essayaient de



contrôler la liberté de la « presse scientifique ». C'est là une avancée très positive dans la communauté scientifique américaine qui, de manière globale, est de plus en plus militante.

Les scientifiques aux États-Unis parlent plus de la nécessité de lutter contre l'effet de serre de manière agressive. Des enquêtes sont menées. Les discussions budgétaires sont difficiles. Bien entendu, l'attribution des financements pose problème mais les scientifiques présentent leurs arguments afin d'éclairer le travail des politiques.

Je pense qu'enfin cet effort sera couronné de succès et que le financement de la recherche va s'améliorer. Par exemple, la recherche concernant les océans et l'atmosphère reçoit de plus en plus de financements. Je suis relativement optimiste concernant la communauté scientifique aux États-Unis.

Ce pays a un système politique relativement complexe. Le gouvernement fédéral n'a pas fait beaucoup sur le sujet au cours de ces sept années mais, au niveau local des États, de plus en plus d'efforts sont déployés. Dans ma petite ville de Boulder, le gouvernement local a décidé de faire cavalier seul et de respecter le protocole de Kyoto. Nous avons mis en place des normes très draconiennes concernant les énergies renouvelables. Un certain pourcentage de l'énergie doit provenir de sources renouvelables dans les 10 à 15 ans à venir. Ce sont des évolutions positives.

De manière globale, aux États-Unis, il est vrai que la recherche en matière d'énergie ne reçoit pas suffisamment de financements. Beaucoup de travail est nécessaire dans ce domaine. Il nous faut examiner le potentiel que représentent la biomasse et l'efficacité énergétique, comment ces différentes notions s'imbriquent et le financement n'est pas à la hauteur des besoins.

Il s'agit là d'un potentiel de recherche énorme qui permettrait de mettre au point de nouvelles méthodes ou technologies qui, ensuite, pourraient faire l'objet d'un transfert.

En Inde et en Chine, vous avez raison, je pense que la Chine dépassera bientôt les États-Unis en termes de production de gaz à effet de serre mais, dans ces pays, une grande majorité de la population vit au-dessous du seuil de pauvreté, aussi le développement prend-il le pas dans la lutte contre l'effet de serre. Ces deux éléments ne sont pas incompatibles. Une politique doit conjuguer les deux et les États-Unis, ainsi que les autres pays, doivent aider la Chine et l'Inde dans ce domaine.

**M. Pierre LAFFITTE** - Je passe la parole à M. SANTINI pour qu'il nous fasse part de ses remarques concernant notamment l'assurabilité. Quand les risques ne seront-ils plus assurables ? C'est inquiétant.

**M. Dominique SANTINI** - Le mécanisme actuel d'assurance des catastrophes naturelles en France repose sur une association, un partenariat entre les assureurs du marché traditionnel et la Caisse centrale de réassurance, l'État, celle-ci venant en limite supérieure jusqu'à l'illimité en complément des garanties qui peuvent être offertes par les marchés traditionnels.

Si je prends l'exemple, par similitude, de ce qui existe sur le marché du terrorisme, un pool a été constitué pour trouver une solution à la couverture des actes de terrorisme. Je me réfère donc aux capacités qui ont pu être trouvées sur le marché mondial, elles sont de l'ordre de 2 Mds€. Vous voyez qu'en matière de catastrophes naturelles, l'encaissement total du

marché est de 1,2 Md€, la capacité à en supporter beaucoup plus se situe entre 1,5 et 2 milliards.

**M. Pierre LAFFITTE** - Si on les dépasse ?

**M. Dominique SANTINI** - C'est l'État qui vient au-delà des couvertures des assureurs.

**M. Pierre LAFFITTE** - Et si Bercy dit non ?

**M. Dominique SANTINI** - Je ne sais pas ce qui se passera.

**M. Pierre LAFFITTE** - C'est ce qui se produira. Les finances de l'État ne sont pas illimitées. La planche à billets n'existe plus.

**M. Dominique SANTINI** - Certes, mais on tombe dans un problème très politique de discussions, précisément entre les fédérations des assureurs et l'État, de savoir jusqu'où on peut à la fois, imposer la garantie obligatoire et la couverture des catastrophes naturelles et/ou du terrorisme. Il y a obligation légale d'assurer et, simultanément, ne pas offrir aux citoyens la couverture en illimité de la garantie de l'État et demander finalement aux capitaux privés d'être les seuls à supporter cette couverture.

En fait, les limites actuelles de capacité sur le marché mondial sont de l'ordre de 2 Mds€. On voit les difficultés à faire appel à des ressources financières venant d'autres pays, la réassurance étant mondiale. Les principaux réassureurs mondiaux suisses et allemands n'ont pas envie de répondre à l'obligation légale de réassurance française.

**M. Pierre LAFFITTE** - Nous avons une réunion franco-allemande, à Sophia Antipolis, dans laquelle un grand réassureur international nous a fait part de ses énormes inquiétudes en apprenant que le nombre de catastrophes naturelles avait été multiplié par 10 depuis 15 ans.

**M. Dominique SANTINI** - Une solution - c'est une piste que nous creusons au sein du Comité européen des assurances, placé au niveau de la Communauté européenne, au-delà des garanties des États - consisterait à constituer un fonds de compensation, c'est encore un embryon.

Il y aurait lieu de creuser l'idée d'une solidarité européenne pour la couverture des catastrophes naturelles en empilages successifs par rapport aux couvertures offertes d'abord par

le marché privé, ensuite par les États locaux et par une couverture transnationale qui permettrait de mieux équilibrer, entre les pays, la nature des catastrophes et leur situation géographique.

**M. Pierre LAFFITTE** - On en arrive à une organisation mondiale.

**Mme Dominique DRON** - Cela veut bien dire que de nouveau nous ne pouvons plus considérer ce qu'il est possible de faire en termes de choix de dépenses à l'aune de nos réflexes précédents. Il est clair que s'il faut plus dépenser à un endroit, il le faut moins ailleurs et éviter que les dépenses soient trop exposées à des risques. Je pense à tout ce qui est infrastructures.

**M. Pierre LAFFITTE** - La conclusion, si je cite notre rapport, est indiscutablement le début d'un changement de société sans lequel nous allons droit dans le mur de toute façon.

Il faut que cela se fasse et plus tôt nous le préparerons, mieux nous serons armés à moins subir les dégâts correspondants. Notre préoccupation est de savoir si nous avons le temps de réagir pour un changement de mix énergétique. C'est une transition vers la nouvelle table ronde que Claude va piloter, en direction d'une nouvelle forme qui demandera de l'énergie, une volonté politique continue et de l'argent.

**M. François ANDRÉ** - Je suis hydroélectricien et j'habite la Haute-Normandie qui compte six réacteurs nucléaires et une centrale thermique. La production s'élève à environ 50 milliards de KW électriques et on « recrache » dans la mer 100 milliards de KW thermiques, d'où une élévation de la température de l'eau et des changements parmi les poissons.

Au niveau mondial, quel est l'impact de la production d'électricité sur le changement climatique au niveau thermique ?

**M. Pierre LAFFITTE** - Actuellement la production d'électricité représente 40 % des émissions de CO<sub>2</sub> mondiales. Les effets de ce gaz sont infiniment plus importants que la production thermique et les rejets des centrales nucléaires.

**M. Michel PETIT** - En fait, le soleil envoie sur la terre 10 000 fois la consommation énergétique mondiale. Par conséquent, toutes les pollutions thermiques que vous évoquez sont complètement négligeables par rapport au phénomène d'absorption du rayonnement solaire et celui infrarouge qui doit équilibrer ce rayonnement solaire pour que la planète reste à une température donnée.

Tous ces problèmes de pollution thermique sont négligeables.

**M. Pierre LAFFITTE** - Cela peut avoir des effets ponctuels.

**M. Michel PETIT** - A l'échelle mondiale, des microclimats peuvent y être associés mais ce n'est pas là qu'est le problème.

**Mme Dominique DRON** - En revanche, en termes de rendement énergétique ce n'est pas terrible ! On peut faire mieux que perdre les deux tiers !

**M. Claude SAUNIER** - Nous remercions les parties prenantes.

*Fin de la table ronde à 11 h 20.*

## DEUXIEME TABLE RONDE :

### L'APPROCHE DU PIC PÉTROLIER ET SES CONSÉQUENCES

#### Participent :

- Mme Nathalie ALAZARD, Directeur des études économiques, IFP
- M. Jean-Marie CHEVALIER, Professeur à Paris-Dauphine
- M. Alain GRANDJEAN, Président de Capitalisme durable
- M. Jean-Luc WINGERT, auteur de « La vie après le pétrole »
- M. Bruno WEYMULLER, Directeur général Stratégie et Evaluation des risques, Total

**M. Claude SAUNIER** - Comme vous le voyez au terme de cette première table ronde, on est loin du discours académique et de la théorie. Il y a la théorie, des éléments de réflexion, de la science pure et des applications financières politiques concrètes.

Pierre LAFFITTE et moi avons passé quelques mois à entendre certaines personnalités qui ont bien voulu nous éclairer. Nous avons vu environ 300 personnes au cours d'une année et avons essayé d'être les greffiers fidèles et sans *a priori* de ce que nous avons entendu.

Je retire de la première table ronde que les premières orientations que nous avons cru comprendre se trouvent largement confirmées.

La première table a témoigné du choc climatique au rendez-vous, à l'horizon 2030 ou 2050. Il se trouve que, simultanément, on peut s'attendre, c'est notre conviction, à un autre choc à caractère énergétique. Nous préférons parler de transition plutôt que de choc parce que l'histoire de l'humanité s'est structurée autour de ces périodes au cours desquelles on est passé d'un modèle d'énergie à un autre.

L'histoire nous enseigne aussi que chaque fois qu'il y a eu mutation de modèle énergétique, les effets politiques et sociaux ont été considérables.

On ne veut pas faire une approche matérialiste et réductrice mais on ne peut pas ne pas poser la question de la transition énergétique en faisant abstraction des conséquences concrètes sur nos sociétés.

Je vais décrire brièvement cette transition énergétique. Depuis deux siècles et demi, trois siècles, notre civilisation occidentale fonctionne sur le recours massif aux énergies fossiles. A ce jour, l'état du monde nous conduit à considérer que, dans les prochaines décennies, nous continuerons à consommer massivement des énergies fossiles.

En l'an 2000, la planète consommait 10 gigas TEP d'énergie. A horizon 2030, on passera à 20. On est sur un rythme d'augmentation de la consommation d'énergie, toutes énergies consolidées, considérable. Le phénomène est inouï. Jamais, dans l'histoire de l'humanité, on n'a connu de mutation à ce rythme ni un tel accroissement de la consommation

d'énergie qui s'explique, comme l'a dit l'un des intervenants, par la croissance démographique et celle de modes de consommations d'énergie liés à notre civilisation.

Un exemple : une des sources de consommation d'énergie est l'automobile, 750 millions dans le monde à ce jour, 1,5 milliard en 2030.

Nous avons passé quelques jours à Pékin pour sentir la façon dont les Chinois pouvaient réagir. Nous l'avons senti dans tous les sens du terme. Pékin, ce sont 1000 véhicules supplémentaires chaque jour...

Voilà des données qui doivent faire l'objet d'une interrogation collective. La question qui se pose est la suivante : en fonction de cette augmentation de la consommation, les ressources sont-elles au rendez-vous ? Il ne s'agit pas seulement des ressources en termes de réserves, les experts nous diront à quel horizon ils les situent.

Notre conviction est que cela se pose aussi en capacités de production à un moment donné. J'ai eu personnellement l'occasion de réaliser une mission en Alberta, il y a quelques semaines. J'ai tenu à aller visiter les gisements de sable bitumineux de cette province. La technologie est complètement différente de celle pétrolière traditionnelle.

On voit bien que, pour toutes sortes de raisons, même si on dit qu'il y a d'énormes réserves pétrolières de bitume dans les gisements de l'Alaska, physiquement, économiquement et industriellement, on est incapable d'extraire au rythme dont l'humanité a besoin de ces énergies.

Il y a donc tension, croissance de la demande, offre en réduction.

Un élément de repère : la planète consomme 83 millions de barils de pétrole par jour. La marge de manœuvre est de 1,2 à 1,5 million. Elle est étroite. Il résulte de cette tension une hausse des prix. Au cours des derniers mois, l'économie de la planète et de nos sociétés a marché au rythme de l'augmentation du prix du pétrole.

Notre sentiment est que nous allons vers un prix du pétrole inimaginable il y a quelques mois. On annonce 150 \$ le baril, je vous interroge : est-ce votre sentiment ? A quel horizon ? Et selon quels effets ?

J'ai introduit le débat très brièvement en vous disant que nous souhaitons, Pierre LAFFITTE et moi-même, que cette table ronde ne soit pas simplement un échange protocolaire ; si vous êtes d'accord, dites-le ; sinon, n'hésitez pas apporter vos correctifs. Nous sommes là pour vous écouter.

Nous allons commencer par Mme ALAZARD, Directeur des études économiques de l'Institut français du pétrole

**Mme Nathalie ALAZARD** - Je vous remercie de votre invitation.

Quand on parle de pic de production, on évoque souvent le moment où, par insuffisance des ressources exploitables, la production ne pourra que décroître.

Le pic de production est une notion étroitement liée à une pénurie en termes des ressources exploitables. Se pose un problème indubitablement à terme si on continue à exploiter le pétrole au rythme actuel. A notre sens, cette difficulté reste de long terme par

rapport à d'autres, de plus court terme, qui vont dans le sens aussi d'un plafonnement de la production.

Quels sont ces problèmes ? Ce sont tous ceux liés aux investissements, également tous les problèmes géopolitiques.

Pour les premiers, il existe des ressources. Encore faut-il pouvoir apporter les fonds, les financements, les investissements nécessaires dans des délais acceptables et en quantité suffisante à leur production, à leur transport et à leur transformation. On utilise des produits pétroliers et non du pétrole brut. C'est à garder en tête.

Tel que cela se dessine aujourd'hui, dans le futur une part croissante des décisions d'investissement concernant les hydrocarbures conventionnels sera du ressort des compagnies nationales des grands pays producteurs. C'est un élément nouveau qui ira en s'amplifiant.

Par ailleurs, certaines ressources, parce qu'elles sont plus difficiles à produire et qu'elles nécessitent des transformations différentes, demanderont des investissements plus conséquents.

Je vous ai parlé d'un plafonnement de la production du fait de problèmes géopolitiques. Dans le futur, le décalage déjà observé entre les zones de production et de consommation devrait s'accroître. En conséquence de quoi, les flux interrégionaux de pétrole et de produits pétroliers augmenteront. Ces flux se concentreront sur certains points de passage comme le détroit d'Ormuz par lequel passent 20 % de la demande. Dans quelques années, ce ne sera plus 1/5<sup>e</sup>, mais plus d'un tiers de la demande mondiale.

Autre problème géopolitique qui peut générer des tensions : la part croissante des pays émergents. On pense à la Chine. Nous avons suffisamment abordé le sujet ce matin.

La demande qui sera le fait des pays émergents accentuera l'enjeu stratégique qu'est le problème de l'accès aux réserves. Cela va exacerber les tensions politiques plus ou moins déjà présentes. On voit les acteurs se positionner au niveau international et les compagnies chinoises, à titre d'exemple, intervenir de plus en plus fréquemment hors de leur territoire de manière à accéder à des domaines miniers et à assurer leur approvisionnement.

Dans ce contexte, outre le souci de pénurie des ressources pour nous de plus long terme, aller vers une dépendance moins forte au pétrole et aux produits pétroliers, pour le secteur des transports notamment, apparaît nécessaire.

Vous avez parlé de la transition énergétique, l'IFP adhère totalement à cette idée. Aujourd'hui il n'existe pas - je me borne aux aspects et aux solutions technologiques, il y en a d'autres en matière de changement de comportements - de technologie immédiatement accessible permettant une résolution.

Il existe une palette de solutions plus ou moins mûres d'un point de vue scientifique, industriel, etc. Elles apportent plus ou moins de réponses aux problèmes et permettent de tracer une « road map » allant dans le sens d'une moindre dépendance au pétrole et aux produits pétroliers.

A titre d'illustration, on entend beaucoup parler de la biomasse dans le domaine énergétique. On ne peut absolument pas envisager de substituer la totalité du pétrole et des produits pétroliers dans le secteur du transport par des biocarburants aujourd'hui, mais on peut imaginer, moyennant une exploitation raisonnée de la biomasse, substituer une petite part du pétrole et des produits pétroliers par des biocarburants. Si on l'allie à des efforts en matière

d'efficacité énergétique sur les moteurs, dans le secteur transport, on voit se dessiner un début de solution.

**M. Jean-Marie CHEVALIER** - Je partage ma vie entre Dauphine, où je dirige le centre géopolitique de l'énergie et des matières premières, et Cambridge Energy Research Associates (CERA), basé à Cambridge, Massachusetts, compagnie américaine qui a un bureau à Paris.

Le pic pétrolier, oui, mathématiquement il y en aura un, mais nul ne peut prévoir sa forme ni quand il arrivera.

Il y a deux écoles : les pessimistes, en général des géologues, qui disent depuis 10 ans qu'il est pour demain. Ils sont à la fois pessimistes sur les réserves et sur la technologie.

Et de l'autre les optimistes, auxquels le CERA appartient d'emblée. S'agissant des réserves, je me base sur les thèses du CERA. Ce centre est optimiste sur les réserves et la technologie.

Il a été racheté il y a quelques mois par une société, la plus grosse banque de données minières au monde, avec des données sur des milliers de gisements de gaz et de pétrole.

Que disent cette société et le CERA à propos des chiffres des réserves ? Il y a probablement des mensonges, des trucages, des inexactitudes mais cela donne une idée assez exacte des réserves récupérables aujourd'hui.

En revanche, ces données sur les réserves sont biaisées, aussi bien dans les pays de l'OPEP que dans les compagnies internationales, par le fait que les critères d'évaluation sont basés sur des technologies des années 70 à une époque où on forait par 30 m de fond alors que maintenant c'est par 3 000 m. Il y a révision à la hausse des réserves.

Par ailleurs, le CERA est très optimiste sur les technologies du futur, notamment le fait qu'on puisse aller chercher sous 3 000 m d'eau et que soient mises au point des technologies appelées « Digital oil feel of the future », une espèce d'automatisation de l'exploitation des champs dont on attend qu'elle permette une augmentation considérable du taux de récupération des gisements. Le pétrole est comme une éponge, ses taux à l'heure actuelle sont de l'ordre de 35 %.

On pourrait aller à 50 ou 60 %, d'où un gisement énorme.

De plus, les technologies d'aujourd'hui permettent d'aller chercher des gisements là où ils n'ont pas du tout été explorés. Le cas de l'Irak est malheureusement très intéressant. Ce pays a toujours vécu son histoire pétrolière sur deux gros gisements, l'un en zone chiite et l'autre en zone kurde. On n'a pas pris le soin d'explorer la partie ouest de l'Irak qui détient de grandes réserves.

Dans ce pays, par exemple, de grandes découvertes ont été faites avant la guerre avec l'Iran et des gisements n'ont pas été mis en production. Pour le faire, ce qui pourrait augmenter de plusieurs millions de barils/jour la production irakienne, il faut des investissements et du temps. Qui prendra ce risque en Irak aujourd'hui ?

On arrive sur l'idée qu'il y aura un pic un jour, mais quand ? Comment ? Par ailleurs, ce ne sont pas seulement des problèmes géologiques ou technologiques, mais aussi économiques et géopolitiques.



On peut parfaitement imaginer qu'une récession mondiale se produisant dans les prochaines années entraîne un effondrement de la demande et, à ce moment-là, qu'il y ait une espèce de restriction de la demande expliquant le pic émanant de la demande et non de l'offre.

La récession arrivera un jour, mais de nature différente car la Chine sera entraînée par les États-Unis.

On peut aussi imaginer que les contraintes environnementales plus fortes amènent à des baisses de consommation.

Le CERA n'emploie pas le terme de « pic » mais de « undulating plateau », une espèce d'évolution en tôle ondulée, avec des pics qui redescendent sans pouvoir les modéliser.

Il est intéressant de voir qu'il y a des effets du côté de l'offre et de la demande.

Concernant la première, je rejoins Mme ALAZARD, l'une de nos craintes porte sur les investissements. Vont-ils se réaliser pour développer les ressources en place ? C'est la question-clé.

La prévision du CERA est optimiste jusqu'en 2010, avec une hausse de 15 millions de barils/jour. En revanche, après, c'est plus complexe. J'ai établi à Dauphine une carte représentant les « pays rouges », pays à risques, qui contiennent plus de 80 % des réserves de pétrole et de gaz. Ils s'étalent sur une espèce de bande allant de la Bolivie, du Venezuela, du Mexique, à l'Afrique de l'Ouest et du Nord, à l'Asie centrale, la Russie et l'Indonésie.

Au CERA, on dit « *Danger is not below the ground but above the ground* » « Le danger est essentiellement géopolitique », les investissements vont-ils se faire ?

Quand on examine attentivement ces pays, on voit que beaucoup sont fermés à l'investissement international. Donc les grandes compagnies qui réalisent beaucoup de profits ont un territoire limité, elles ne peuvent aller au Mexique, en Arabie Saoudite. En Irak c'est difficile, tout comme en Iran.

Un autre aspect me trouble : on a dénoncé les profits des compagnies pétrolières mais personne n'a parlé des profits astronomiques réalisés par les investisseurs financiers sur le pétrole depuis début 2004. On a en matière de commerce pétrolier plusieurs dizaines de fois en valeur le commerce physique qui se traite de façon financière avec des « *hedge funds* », que j'ai beaucoup rencontrés depuis deux ans et qui achètent des volumes extraordinaires qu'ils revendent trois semaines après et qu'ils rachètent s'ils sont à la hausse. Cela pourrait créer une véritable bulle financière qu'on a beaucoup de mal à analyser.

Vous avez interpellé la théorie économique, Monsieur SAUNIER. Elle est assez pauvre à l'heure actuelle. Quand j'interroge mes camarades macro économistes sur l'effet du prix du pétrole sur la croissance, ils ont beaucoup de mal à me répondre de façon précise. Personne n'est en mesure, pour l'instant, mais j'espère que ce sera possible, d'analyser la relation entre les sphères financière et physique. On gagne beaucoup plus d'argent en se servant du pétrole comme moyen de gagner de l'argent qu'en allant le chercher dans des endroits peu sûrs et en investissant des sommes astronomiques sur de longues durées. Il y a un réel problème, avec une carence d'analyse et une opacité épouvantable parce que l'on n'arrive pas à identifier, à évaluer et à quantifier ces masses d'argent énormes.

Sur l'investissement international, les compagnies sont limitées et les financiers font de la finance. On parle de spéculation. Il ne faut pas oublier que c'est leur métier. Tout est bon pour spéculer. Le pétrole autant que le reste et, en ce moment, le pétrole est très intéressant.

Les compagnies nationales des pays producteurs se mesurent toujours au bras de fer avec leur gouvernement pour investir. Le cas du Venezuela est frappant. Sa compagnie nationale rêvait d'être un major international, d'aller aux États-Unis, en Afrique, en Asie mais Chavez voulait l'argent du pétrole...

Il n'est pas évident que les compagnies nationales investissent les montants nécessaires au développement des ressources.

Mon sentiment est que la fin du pétrole n'est pas pour demain. Le pic pétrolier arrivera un jour, mais sous forme de plateau ondulé. Il faut donc s'y préparer et même si la fin du pétrole n'est pas imminente, il faut préparer l'après-pétrole.

A cela plusieurs éléments. J'ai une dent contre la classe politique française à l'heure actuelle car elle ne dit pas aux consommateurs la vérité sur les prix. Ceux de l'électricité sont bloqués, la fusion de Gaz de France/Suez fait lever les bras au ciel : on a tellement peur que les prix du gaz augmentent, ce qui serait dramatique du point de vue électoral pour la gauche comme pour la droite.

Il faut dire aux Français que l'on a changé de paysage, que l'on est dans un nouveau monde dans lequel les prix de l'énergie en général ont beaucoup de chances d'être plus élevés. Il faut s'y préparer et pour cela les deux grandes leçons de politique économique et énergétique sont :

- la diversité : aucune énergie n'est parfaite, ni le nucléaire, ni la biomasse,
- l'efficacité énergétique, message qui aurait dû venir avant : nous pouvons avoir le même mode de vie en consommant deux fois moins d'énergie, et on ne le dit pas. Je pense que la classe politique a une très grande responsabilité.

Je terminerai en citant un poète que j'aime bien qui écrivait, il y a 20 siècles : « *Encore un peu de patience et tout finira mal* »... !

**M. Claude SAUNIER** - Comme la responsabilité des politiques est engagée, je vous rappelle que nous sommes théoriquement là pour éviter d'aller dans le mur. Je prolonge votre propos et votre mise en cause des politiques, vous avez dit avoir une dent contre eux, gauche comme droite, sauf pour nous deux parce qu'en allant à contre-courant dans nos propositions, nous reprenons votre analyse en disant qu'il faudra bien apprendre aux Français à vivre avec une énergie plus chère. La classe politique, quant à elle, est très préoccupée par les effets électoraux de telle ou telle annonce. Nous lui disons qu'il faut annoncer aux Français que, pour manager la transition énergétique, de l'argent doit être prévu. Comme il est absent des caisses de l'État, il ne faut pas exclure, voire envisager, la hausse progressive de la TIPP. Ce n'est pas facile à expliquer, et à condition aussi de passer le message : si on prend de l'argent, c'est pour le réinjecter dans l'élaboration d'un modèle énergétique alternatif.

Nous prenons nos responsabilités, nous n'en sommes pas certains mais cela dépendra des concitoyens, des électeurs et de la presse pour relayer notre discours.

Monsieur WEYMULLER, Directeur général de la Stratégie et Evaluation des risques chez Total.

**M. Bruno WEYMULLER** – Merci, Monsieur le Président.

Bien évidemment, je partage beaucoup des observations formulées et je vais tenter de les compléter en apportant le point de vue industriel d'un opérateur pétrolier international.

Pour cela je voudrais faire quatre remarques.

La première concerne la problématique de l'offre pour sensibiliser à l'importance des défis que rencontre l'industrie pétrolière mondiale actuellement afin d'assurer l'offre à moyen terme.

La méthodologie que nous utilisons dans cet horizon de temps n'est pas celle d'un stockage, d'un bac de réserves disponibles ni même celle du pic pétrolier plus riche parce qu'intemporelle, mais met l'accent sur la dynamique entre une courbe d'offre et de demande.

C'est une autre méthodologie de développement de capacité de production. Il ne faut pas une vision trop géologique dans l'horizon des dix prochaines années. Il ne suffit pas d'avoir des réserves trouvées par les géologues mais de les mettre sur le marché, de les produire et cela nécessite du temps et des ressources.

Notre schématisation est très simple : à partir de la production actuelle, nous avons une courbe décroissante des productions à partir des champs existants. Un chiffre réaliste est une décroissance de 5 % par an. La courbe de la demande latente, potentielle, de pétrole augmente de 1,8 % par an. Ces deux courbes s'écartent au fur et à mesure. Si on prend un horizon de 10 ans, assez proche, en 2015 l'écart entre ces deux courbes représente 50 millions de barils/jour.

Le sénateur SAUNIER rappelait la production de 83 millions de barils/jour. A horizon de 10 ans, ce sont 60 % de la production existante qu'il faut mettre sur le marché et pouvoir développer. C'est notre défi formidable à court terme qui n'est pas si facile à relever.

Je ne reviens pas sur tous les enjeux. Pour éclairer, la profession pétrolière rencontre des difficultés pour réaliser des projets complexes. Ils nécessitent des associations avec nombre de partenaires et sont donc difficiles à gérer. Il existe une surchauffe dans les professions et les services pétroliers. Nous avons des augmentations faramineuses des rythmes de forage et de leurs coûts. Un ensemble de soucis ne rend pas évidente l'apparition de capacités disponibles au niveau mondial.

Autre aspect, quand je disais 5 % de déclin par an, cela suppose beaucoup de travail. Spontanément le taux ne serait pas loin des 10 %.

Il faut maintenir et améliorer les taux de récupération, assurer des travaux de maintenance et disposer de personnel qualifié et sur tous ces enjeux, des clignotants s'allument. C'est l'aspect industriel.

Il y a aussi l'aspect politique, l'essor des nationalismes qui revêt plusieurs formes. La première est assez douce : un certain attentisme. Contrairement à la théorie politique, quand les prix du pétrole augmentent, l'offre ne croît pas. Les pays détenteurs de réserves qui ont un pouvoir sur leurs sociétés nationales sont plutôt incités, quand le prix est élevé et paie aisément les finances publiques, à retarder le lancement de nouveaux projets et hésitent à s'engager dans des partenariats avec des compagnies internationales pas bien vues par leur opposition anti-occidentale.

Il y a des mesures plus nationalistes en Russie, au Moyen-Orient, voire des pulsions, des tentations plus bolivariennes ou révolutionnaires en Amérique Latine.

Par conséquent, le paysage est relativement préoccupant sur le moyen terme, indépendamment du pic pétrolier et sans parler des réserves ultimes.

Je rappelle, parmi les compagnies pétrolières internationales souvent citées, que les sept principales ne représentent que 16 % de la production internationale. Elles ne sont donc pas dominantes sur le marché et beaucoup moins concernant les réserves.

L'autre point que je voulais signaler est l'aspect demande, très important sur la forme du pic. On prévoit une hausse de la demande de 1,8 %. Il y a un impératif urgent à réduire la croissance de la consommation pétrolière à 1%, voire moins. Le pic serait déplacé dans le temps d'une ou plusieurs décennies.

Cela veut dire qu'il faut réserver le pétrole aux usages dans lesquels il est non substituable et dominant aujourd'hui, c'est-à-dire les carburants, et essayer d'éviter son usage pour tous les cas (chauffage, pétrochimie pour lesquels on peut recourir à d'autres sources.). De façon plus générale, il faut économiser l'énergie, cela a été dit et c'est un point fondamental. En tant que compagnie pétrolière, on est sur cette ligne.

Je ne citerai que le troisième point parmi les différentes réponses pour satisfaire aux besoins énergétiques futurs. M. CHEVALIER a justement souligné qu'il faut faire feu de tout bois et avoir un bouquet de réponses. Dans les enjeux, la mise en place de filières technologiques produisant des carburants pour le futur est une composante importante. Cela touche plusieurs sujets comme le raffinage traditionnel. Il faut, de plus, investir pour assurer ces productions de carburants.

Je détaillerai en fonction des différentes zones internationales mais il faut produire des carburants à partir d'autres sources que pétrolières. En ce sens, la biomasse est une possibilité intéressante. Mais c'est encore une démarche nécessitant des progrès techniques. Vraisemblablement, celle de première génération à partir de ressources nobles n'est peut-être pas la solution à long terme techniquement, en termes d'efficacité technique ou de concurrence avec les surfaces agricoles mais il y a des perspectives de deuxième génération plus importantes. De façon plus générale, à partir des techniques initiées par les Allemands, les techniques de gazéification permettent d'autres sources (le charbon, le gaz).

Bien évidemment, le dernier point important est la contrainte climatique, prise de plus en plus au sérieux par nos sociétés. Pour des compagnies pétrolières productrices de H et de C, c'est clairement un enjeu majeur. Nous en sommes conscients chez Total.

Il faut réduire les émissions à l'origine : moins de torchage en amont, avoir des schémas de raffinage minimisant le CO<sub>2</sub>, éviter les hydrotraitements parce que l'hydrogène à produire est très émissif, avoir des procédés de captage en sachant qu'il y a de grands enjeux technologiques parce que la concentration en CO<sub>2</sub> est très importante. C'est un paramètre clé pour le coût de capture sur les fours et les centrales thermiques. Ce sont des points primordiaux.

La séquestration ne pose pas de problème technique. On sait injecter le CO<sub>2</sub> depuis longtemps. Lequel n'est pas un polluant (on en met dans le Perrier ou le Coca-Cola). La difficulté est de faire en sorte que ce gaz ne reparte pas dans l'atmosphère, rendant illusoire la technique de stockage. Tout cela correspond à des enjeux importants auxquels une compagnie pétrolière s'attelle.

Le projet pilote de Lacq est une illustration de ce dernier point. C'est un site industriel dont nous sommes propriétaires à 100 %. Nous pouvons faire une installation.

La technique de capture est l'oxyconduction. Pour réduire et améliorer la concentration, on utilisera de l'oxygène pur. On évite l'azote, ce sera plus facile à capturer. La

séquestration ne pose aucun problème d'injection. On essaie de montrer que cela reste. Il faut trouver une petite partie du gisement autonome et fermée pour bien prouver la durée de la capture.

**M. Claude SAUNIER** - Nous posons la question à M. WINGERT : y a-t-il une vie après le pétrole ?

**M. Jean-Luc WINGERT** - Oui, bien sûr. C'est un petit rappel du titre de mon livre « La vie après le pétrole ».

Je suis ingénieur conseil spécialisé dans les questions énergétiques.

Très rapidement, il a été dit tout à l'heure par M. LAFFITTE que c'était le début d'un changement de société. C'est ainsi qu'il faut considérer le pic de production de pétrole, évènement majeur qui s'ajoute au problème du réchauffement climatique, donc double difficulté.

Il est important de voir que cela va bouleverser certaines de nos représentations. On a tendance à ne pas savoir, dans le grand public, comment le pétrole disparaîtra.

On dit parfois qu'il reste 40 ans de pétrole. C'est une vision erronée, voire trompeuse. C'est une manière de représenter une quantité.

Il pourrait être trompeur de penser que pendant 40 ans la production sera constante et qu'à la 41<sup>e</sup> année se produira une catastrophe. Cet évènement serait impossible à gérer pour nos sociétés.

Toutefois, la nature est bien faite et ne nous forcera pas à faire un tel saut. Il y aura disparition progressive du pétrole. C'est le phénomène du pic de production schématisé. Une première moitié du pétrole est relativement simple à extraire avec des gisements importants et faciles d'accès qui permettent d'atteindre un haut niveau d'exploitation.

M. WEYMULLER l'a bien rappelé, en permanence il y a renouvellement des gisements en exploitation. Arrive un moment où on ne suit plus le rythme : on est obligé de remplacer les gros gisements faciles d'accès par des petits, plus difficiles d'accès et plus nombreux.

C'est éventuellement difficile à admettre par certains économistes mais se pose un problème de capacité technique qui ne permet plus de suivre le rythme.

On arrive dans un phénomène de dépression progressif. La dernière goutte de pétrole est prévue pour 2150 mais le problème est celui du pic, situé en 2015. Les horizons sont plus ou moins proches suivant les points de vue.

Ce pic est une réalité. Vous sont ici présentées la production du Royaume-Uni qui a connu un pic en 1999, et celle la Norvège qui l'a connu en 2001. La production européenne est en déclin et le gaz suivra. C'est déjà le cas pour le Royaume-Uni.

Selon l'estimation qui me semble la plus réaliste, on arrive à un pic en 2015, à plus ou moins cinq ans. Il y a beaucoup d'incertitudes. L'Agence internationale de l'énergie est très optimiste, on pourrait atteindre des niveaux très élevés de production en 2030. Il n'y a plus beaucoup d'industriels sérieux qui pensent que seront dépassés les 100 millions de barils/jour.

La compagnie Total annonçait, par le biais de son Président, un pic éventuel en 2020 ; l'IFP voit un possible plateau en 2030, en dessous de 100 millions de barils/jour.

On est dans des visions compatibles. Peu importe que ce soit 2015 ou 2025, cela reste très proche à l'échelle de nos sociétés. C'est ce qu'il faut comprendre. Ce sommet se présentera plutôt sous la forme d'un plateau ondulé.

En résumé, une contrainte sur l'offre de pétrole avec un plateau en 2015, sur celle du gaz naturel environ en 2030, d'où une forte pression sur les énergies disponibles. Il faudra réduire la demande en augmentant notre efficacité énergétique.

Sur l'offre, il n'y a plus grand-chose à attendre dans les années à venir. Il faut néanmoins développer l'offre d'énergies alternatives, il reste le renouvelable et le nucléaire, et prévenir un choc social. Je ne fais pas un étalage des solutions techniques, elles sont connues. Il faudra investir dans la période de transition, car les ménages les plus défavorisés seront étranglés par la hausse des prix du carburant.

Je rappelle aussi que le dérèglement climatique, et l'effet de serre notamment, sont induits par l'utilisation massive d'énergies fossiles. Le problème de ce dérèglement s'articule différemment. Il concerne le charbon et la déforestation.

Je parle de révolution énergétique, on peut parler de crise si c'est mal géré. Ce sera majeur. On peut s'interroger sur l'avenir de la mondialisation et sa possibilité d'extension puisque la logistique de la mondialisation, c'est le pétrole.

C'est bien l'énergie, le problème sur lequel s'attaquer en priorité. La transition sera un chantier immense qu'il faudra encourager, organiser et financer, d'où l'idée de proposer un véritable plan Marshall de la transition énergétique financé par une taxe que j'appelle : « la taxe de solidarité concertée sur l'énergie et le climat ». Il faut un signal clair à envoyer à nos citoyens. La problématique sera décentralisée et il faut une solution simple et pragmatique pour être adoptée idéalement au niveau européen et plus si possible.

Son fonctionnement, pour montrer qu'il y a d'autres idées que celles du quota d'émissions, consisterait à taxer la consommation d'énergie toutes formes, plus les énergies fossiles qui posent un problème climatique. Les industriels vertueux se verraient proposer un guichet pour qu'ils se manifestent dès qu'ils accomplissent un progrès en matière de diminution des émissions de CO<sub>2</sub> ou de gaz à effet de serre, indépendamment des baisses de consommation d'énergie.

Il suffira de vérifier leurs arguments et non de prévoir une solution globale en partant du principe que tout le monde adaptera des solutions de captation de CO<sub>2</sub> pas opérationnelles à ce jour, et organiser la concertation avec les associations de défense de l'environnement qui, de toute façon, exercent une veille gratuitement. Nous avons besoin de souplesse dans notre système. Ils sont très alertes sur les problèmes d'environnement, autant les écouter, recueillir leurs arguments et vérifier par les services techniques de l'État leur bien-fondé et les laisser arbitrer entre les différents niveaux de taxation.

On peut imaginer que les énergies fossiles seront plus taxées et celles nucléaires aussi, mais il faut dégager des revenus, ce que ne permet pas le système de quotas de CO<sub>2</sub>.

Il faut financer la transition. Les fonds collectés sont un choix politique. Il est bien que ces derniers se saisissent de ce dossier. On est relativement d'accord sur les solutions : recherche sur l'efficacité énergétique, isolation du bâti, véhicules plus économes, reclassement des professions sinistrées (les chauffeurs routiers qui ne manqueront pas de manifester), aide au développement national, organisation d'une solidarité Nord/Sud.

Mon message est de se recentrer sur la problématique énergétique et d'espérer que cela règle celle climatique, plus simple à traiter par le biais énergétique.

**M. Alain GRANDJEAN** - Bonjour et merci de m'accueillir.

J'ai rédigé avec Jean-Marc JANCOVICI un livre : « Le plein s'il vous plaît », qui plaide en faveur de la mise en place d'une taxe. On est proche de ce que vient de dire Jean-Luc WINGERT.

Je travaille dans les milieux financiers. Je suis conseil auprès des directions d'entreprise.

Le maximum de production, puisqu'il y a débat, est-ce un pic ou un plateau ? C'est un maximum. C'est une évidence mathématique. Cela obéit à un théorème, celui des « intégrales bornées », toute courbe de production dont l'intégrale est constante passe forcément par un maximum. Il n'y a pas de débat sur le sujet, seulement sur le moment.

Il faut avoir en tête les ordres de grandeur concernant ce moment, dû au fait qu'on est sur des courbes exponentielles. M. WEYMULLER l'a rappelé : 1,8 % est différent de 1 %.

Un chiffre pour illustrer : le champ de Ghawar, en Arabie Saoudite, représentait 90 milliards de barils en 1950, soit 25 ans de la production mondiale de pétrole, aujourd'hui il s'agit de 3.

Dans les 50 dernières années, on a multiplié par 8 notre consommation de pétrole alors que notre taux de croissance est de 4 à 5 %.

Des taux de croissance, qui peuvent paraître peu élevés deviennent monstrueux dès qu'on se projette sur des décennies. 2 %, à l'horizon de 100 ans, est un facteur 7.

Ce qui est vrai pour le pétrole l'est aussi pour le gaz et même pour le charbon. Le phénomène mathématique est identique.

On dit que ce dernier ne pose aucun souci en dehors du petit détail de changement climatique. « Si on a 300 ans de charbon devant nous, cela va. Ce ne sont même pas nos petits-enfants qui sont concernés. » Aujourd'hui, 300 ans de charbon représentent 300 fois la consommation d'une année de charbon. Si on augmente à 2 % cette consommation, les 300 ans ne durent que 100 ans.

Il faut faire attention aux exponentiels, les phénomènes s'accélèrent, la problématique du moment du pic de production n'est pas la même selon que l'on est sur des courbes à 2, 3 ou 4 %. On peut vite constater qu'en 2020 la pression sera très forte si on reste sur des courbes exponentielles de consommation d'énergie, ce qui est le cas aujourd'hui.

Je parie sur le fait que ce sera compliqué. Dans les années 2015-2020, les chocs des prix seront forts. Les mathématiques ne se discutent pas. L'économie et la géopolitique sont compliquées. M. CHEVALIER a bien raison de dire qu'on n'a pas de modélisation des conséquences économiques parce que trop complexe.

En revanche, il est certain que se reproduira ce qui s'est passé dans les années 70. On oublie souvent que c'est au cours de ces années, et celles postérieures au pic de production du pétrole américain, que les pays producteurs de l'OPEP notamment ont pris conscience de leur pouvoir de négociation. Ce qui se passe actuellement, sauf que le pic est mondial.

Il me paraît évident que ce qui se produira sera du même ordre de grandeur. Même si les tensions sur le prix sont très marginales. Le prix du baril est encore largement inférieur à 1979. On raisonne en dollars constants 2004.

Une incidente : le pétrole est resté à 20 \$ le baril, en dollars 2004, de 1880 à 1970, il était gratuit. En 1979, il est monté à 80 \$ valeur 2004. Aujourd'hui il est encore bas, il augmentera fortement et forcément. C'est mathématique et économique.

On souffrira beaucoup. Notre système n'est quand même pas conçu pour un baril plus cher. Cette augmentation va tomber au mauvais moment dès lors que les effets du changement climatique commenceront à être sensibles. On aura vraiment envie de se climatiser l'été, il y aura plus de pluie l'hiver. C'est ennuyeux. La population aura vieilli. Je suis prêt à parier que la moyenne de consommation d'énergie dépend du cycle de vie. Enfin, les finances publiques, à cette époque, auront souffert. Vous avez entendu évoquées les questions d'assurance. Tout sera dans le rouge.

Tout le monde est convaincu qu'il faut baisser très fortement notre consommation d'énergie en commençant par celle d'origine fossile, qu'il n'y a pas de solution magique en matière de technologie. C'est pourquoi nous disons qu'il n'y a d'autre choix que d'augmenter, via un mécanisme de taxe, le prix des énergies. Cela a beaucoup d'avantages, je vais expliquer comment.

On peut déclarer qu'il faut que chacun d'entre nous baisse sa consommation d'énergie, cela n'a aucun effet. C'est aussi simple. Le litre de pétrole coûte de moins en moins cher, rapporté au SMIC depuis des années.

Quand on fait des économies d'énergie sur notre réfrigérateur, on achète un four à micro-ondes ou un congélateur. Quand on achète une voiture qui consomme moins d'énergie on en achète une deuxième. Dans notre budget énergie, les données sont malheureusement intraitables, la consommation augmente. Le seul driver, c'est le prix.

Du côté climat, la problématique est assez simple : les quotas de CO<sub>2</sub> mis en place au niveau européen ne concernent que les gros émetteurs. En France, ils représentent 30 % des émissions de gaz à effet de serre, d'où un angle mort énorme et diffus. Il s'agit de l'habitat, des transports et de l'agriculture. Quand on mange du beefsteak, on envoie du méthane dans l'atmosphère. Il faut couvrir cet angle mort par des outils économiques. Les économistes de l'environnement n'ont eu que trois idées pour internaliser des effets externes, la taxe, les quotas et les règlements.

Les quotas d'émission de CO<sub>2</sub> pour chacun d'entre nous, en France 62 millions et 200 millions et plus d'européens, me paraissent difficiles et irréalistes. Soyons clairs.

Les règlements sont ce vers quoi nous irons, règlement, rationnement, pouvoirs politiques extrêmement forts sans action avant. Ma fille est en Italie, le gaz est rationné. Il est évident que si on ne fait rien, cela se terminera par le troisième outil ou par plus désagréable comme des guerres ou une ambiance sociale dévastatrice.

La taxe pour le diffus est un très bon instrument relatif au climat. La taxe a deux avantages, un côté pétrole et l'autre climat. Comment faire ? Ne pas créer un choc économique. Il faut être certain de réussir et annoncer une progressivité, un signal de moyen et long terme de manière à ce que tous les acteurs économiques intègrent le fait qu'il est certain que le prix de la ressource augmentera et le coût du CO<sub>2</sub> aussi.

Même s'il est évident, au plan économique, que les prix du pétrole et du gaz augmenteront dans les années qui viennent, on n'est pas à l'abri de baisses de ce même prix sur



la période. Je n'ai jamais vu aucun économiste ni aucune projection d'économiste fiable en matière de prix.

Les acteurs économiques, dans leurs programmes d'investissements et leur manière de raisonner, savent qu'il est certain que le prix augmentera. Il faut un signal permanent de moyen et long termes, progressif et permettant aux acteurs économiques d'intégrer ces données dans leur calcul.

**M. Claude SAUNIER** - Deuxième constat après la première table ronde qui a établi une convergence avec l'approche de Pierre LAFFITTE et la mienne. Là encore il y a convergence sur le diagnostic et - cela a été exprimé par les uns et les autres - sur la nécessité de prendre des mesures politiquement probablement courageuses et difficiles à prendre, réclamant un grand effort de pédagogie. On ne fait rien contre une société dans un régime démocratique. Cela nous condamne à expliquer et à montrer la raison, le choix à long terme, y compris pour les personnes les plus à risque et dont les revenus sont les plus modestes. Il faut aller dans cette direction.

**Mme Dominique DRON** - Trois questions : que pourrait-il en être de la sensibilité des plates-formes off-shore aux aléas climatiques ?

Lorsque l'accès aux ressources devient difficile, on essaie de faire des contrats long terme. Il en existe de nombreux sur le pétrole et le gaz. A quoi ressemblent les contrats sur l'uranium ?

Quand on parle de montée des prix, on parle bien sûr de répartition de la recette que cela représente. Quid de la régulation des opérateurs dans un cadre de hausse forte du prix de l'énergie ?

**M. Bruno WEYMULLER** - S'agissant des plates-formes, deux indications : en Norvège et en mer du Nord, le niveau de la vague centenaire a été changé. C'est lié au problème climatique et cela représente 1,5 Mds\$ d'investissements pour réévaluer certaines plates-formes.

Les problèmes d'ouragan dans la zone Louisiane-Texas ont conduit à des surcoûts importants les années précédentes. Cela risque de rester. Il est difficile de donner un chiffre précis mais cela commence à être une préoccupation économique très ressentie.

**M. Claude SAUNIER** - S'agissant de l'off-shore, je suis allé à Houston, il y a quelques mois, trois semaines après le deuxième ouragan. La capitale mondiale du pétrole était très préoccupée. Elle ne voyait pas à quel moment ni selon quel rythme remettre en état la totalité des installations.

Un ouragan qui dure quelques heures a des effets déstructurants sur un marché tendu ; cela portait sur 10 ou 15 % de la production américaine. Cela a duré des mois parce que l'on ne remet pas les plates-formes en état en quelques jours, d'où des effets majeurs sur les prix du pétrole. Ce n'est pas secondaire.

Concernant l'uranium, nous n'avons pas parmi nous de spécialiste.

**M. Jean-Marie CHEVALIER** - Concernant les prix, le pétrole paradoxalement est bon marché. Il coûte 7 \$ le baril à extraire et génère une richesse extravagante. Le surplus pétrolier est le gâteau, c'est l'équivalent du PIB de la France chaque année, que se partagent les pays consommateurs, qui prennent la grosse part sous forme de taxes, les pays producteurs et tous les intermédiaires, notamment les financiers.

Se posent plusieurs problèmes : l'ajustement entre le coût et le prix. Le marché n'est pas de concurrence parfaite puisque le coût est à 7 \$, en marginal à 15 ou 18 \$ et un prix à 70 \$.

Le consommateur final n'est pas non plus en concurrence parfaite. Les taxes relèvent bien le pouvoir captif des marchés pétroliers.

La dynamique de ce surplus est très compliquée. Par rapport à ce qui a été dit sur le pic, sa courbe et son occurrence dépendront des prix, qui eux-mêmes dépendent d'une espèce d'ajustement entre l'offre et la demande, d'un manque d'investissement ou d'équilibre des marchés. On aura un ajustement, ce que l'on appelle « l'incertitude dynamique du futur », qui se fera par les prix. A la fois, on risque des prix plus élevés mais on n'est pas à l'abri de les voir baisser.

Je vois simplement dans ce mécanisme d'ajustement que les plus pauvres « trinquent ». Je pense toujours à la personne payée au SMIC qui prend sa voiture tous les matins pour aller travailler. Le budget est très lourd.

Je pense aussi aux pays les plus pauvres du monde qui ne peuvent acheter de fuel pour faire tourner les centrales thermiques qui produisent de l'électricité.

La variable d'ajustement par le prix sera douloureuse et accentuera les inégalités. C'est dramatique. Quand vous parliez de taxes et de plan Marshall l'idée est intéressante, mais il ne faut pas oublier que l'un des enjeux de notre siècle est qu'entre 1,5 et 2 milliards de personnes n'ont pas accès à l'énergie moderne, l'électricité notamment, donc au développement économique.

Il ne faut pas focaliser sur l'énergie, mais un des défis du siècle est de sortir de la pauvreté la grande partie de l'humanité qui y est encore. Cela ne simplifie pas la tâche.

**M. Claude BAIOTTI** - Je travaille pour le Journal « Auto-Moto ». Vous parliez de personnes touchées dans leur mobilité si le prix de l'essence augmente de façon importante. Sous la pression de cette perte de mobilité, n'est-il pas utopique de penser à une élévation de prix du pétrole ? L'État ne va-t-il pas baisser la TIPP sous la pression sociale ?

**M. Claude SAUNIER** - Nous proposons le contraire.

**M. Claude BAIOTTI** - Cela se posera-t-il ainsi si on touche à la mobilité ?

**M. Claude SAUNIER** - Avec la difficulté de l'acceptabilité par la société, et je le dis clairement, notre point de vue n'est pas de réduire la mobilité. Il faut faire preuve d'imagination. Il est évident que dans une société moderne, la mobilité est une des composantes majeures de la liberté individuelle. On ne va pas revenir dessus, mais il faut faire preuve d'imagination. Il y a peut-être d'autres façons d'accepter de développer la mobilité pour chacun et chacune d'entre nous.

Nous préconisons des expériences : une levée de ressources financières nouvelles mais, pour financer des expériences, des types de déplacement alternatifs. Donc imagination...

**M. Pierre LAFFITTE** - Il faut se préparer aux modifications inéluctables concernant le prix de l'énergie, et par conséquent la diminution de l'énergie liée au transport.

**M. Claude SAUNIER** - Le problème que vous soulignez nous amène à dire que c'est maintenant qu'il faut l'annoncer et y aller progressivement car, sauf à entrer dans un schéma politique de caractère dictatorial, ce que l'on a du mal à imaginer, si on veut que la société accepte, il faut que ce soit fait progressivement.

**M. Alain GRANDJEAN** - La tentation actuelle sur la baisse de la TIPP, qui est la même que sur le gaz, c'est l'anesthésie. Je pense que plus dure sera la chute. Plus on a un discours démagogique sur le sujet, plus les pots cassés seront coûteux.

Concernant les plus modestes de notre pays c'est encore plus évident, moins on déploie d'efforts aujourd'hui, plus ils en souffriront plus tard.

Concernant la mobilité à moyen et long termes, nous ne déciderons pas, mais la nature. Il est absolument impossible, à la fois en termes de risques climatiques et de ressources pétrolières, de faire croître notre mobilité de manière aussi élevée. Je pense qu'elle diminuera.

Des nombreuses solutions technologiques existent pour contribuer à cette diminution.

**M. Claude SAUNIER** - Y compris ce qui concerne les déplacements imposés, obliger les personnes en fonction de critères de revenus, à vivre à 30 ou 40 kilomètres du lieu de travail est anormal socialement et aberrant au point de vue énergétique.

Nous préconisons d'autres règles d'urbanisme moins dévoreuses d'espaces et plaidons pour une redensification urbaine.

Cela dit, vous voyez que ce type de politique n'aura pas d'effet en six mois.

**M. ELGHOZI** - Je veux réagir à plusieurs niveaux. Parmi les propositions évoquées, il y a un impact à deux niveaux, national et mondial. Les actions au niveau national sont positives mais seront un coup d'épée dans l'eau sans une action concertée mondialement et au moins au niveau européen. Je pense notamment aux comportements et à la consommation des énergies fossiles.

Les constructeurs automobiles se livrent une guerre au niveau de la puissance. Je pense aux 4x4, aux coupés sport. L'évolution ne va pas de 20 à 50 CV mais plutôt de 50 à 500. Parallèlement, les consommations de carburant évoluent très fortement. Il est évident que si des actions sont engagées au niveau national pour réduire ces consommations et ces puissances, ce ne serait absolument pas éthique ni juste pour nos constructeurs par rapport aux autres constructeurs mondiaux. Il serait intéressant de prendre des décisions, au moins à l'échelle européenne, pour permettre de développer les véhicules hybrides, non que la solution soit idéale, mais à court et moyen termes elle permettrait de réduire sensiblement les consommations, et surtout d'arrêter cette course à la puissance.

Un constructeur national a sorti un véhicule dont la puissance n'est pas élevée et à un tarif accessible. Finalement, cette politique ne constitue-t-elle pas une voie, une première marche même si ce même constructeur est engagé en Formule 1 ?

Cela montre bien que la maîtrise de la technologie permet aussi de maîtriser les comportements. Pour en revenir à ceux-ci, si notre gouvernement et les précédents ont eu des idées intéressantes (Bison futé, la chasse aux gaspis), je rejoins l'avis de M. GRANDJEAN qui précise que le comportement individuel n'est pas suffisant pour réagir.

La technologie est plus puissante, elle permet de réguler des milliers de paramètres. Chaque fois que l'on prend son véhicule, on ne s'en rend pas compte mais les injections et carburations sont 50, 100, 300 paramètres gérés simultanément pour permettre une optimisation du rendement. Ce sont des décisions politiques fortes, concertées et pas seulement locales.

A propos des taxes, je reste perplexe dans le sens où la plupart de celles-ci ont été décidées à divers moments de nos républiques, avec toujours des raisons pertinentes sans pour autant toujours impacter la population.

**M. Claude SAUNIER** - Intégrer la dimension européenne, voire mondiale, est incontournable. Le problème du climat, de la transition énergétique est planétaire.

On ne peut avoir d'un côté des enjeux planétaires et, de l'autre, un système économique mondial de commerce international qui ignore ces réalités. Il faudra parvenir à introduire dans les règles de l'OMC la composante climatique énergétique.

C'est une de nos propositions.

**M. Pierre LAFFITTE** - Cela fait partie de nos préoccupations. Une de nos propositions, la taxe sous forme de vignettes carbone, peut être modulée. Justement, cela peut s'inscrire aussi dans la longue durée et nous pensons que c'est une façon très puissante de faire en sorte que les industries, française et européenne, puissent reprendre, dans le domaine de la mobilité, une avance qu'elles avaient il y a 50 ans et qu'elles ont perdue au profit de TOYOTA avec sa PRIUS.

Il y a une volonté de stratégie pour laquelle nous pensons que la véritable solution est le véhicule électrique. Lequel est d'ores et déjà techniquement possible.

Si une taxe augmente au cours du temps et permet de financer plus rapidement les recherches sur les batteries, par exemple, encore nécessaires, nous aurons une stratégie qui placera la France et l'Europe dans un peloton de tête ; ainsi l'ensemble du monde sera amené à suivre. Cela sera économiquement indispensable si on ne veut pas disparaître de l'industrie.

En conséquence, nous avons au départ un système qui nous conduit à demander cette révision de l'OMC. Par la suite, les forces du marché et de la technologie acquises permettront de créer beaucoup plus d'emplois en Europe ou plus d'options.

**M. Ghislain de MARSILY** - Vous avez parlé de l'aspect mondialisation de votre rapport et de la densification de l'habitat, solution éventuelle dans d'autres pays pour lutter contre la consommation inhérente aux déplacements.

Au niveau mondial, le problème est inéluctable. Dans le tiers-monde et dans les pays en voie de développement, des villes dépasseront 10 millions d'habitants. Vous avez dit que ces grandes mégalopoles sont en fait beaucoup plus consommatrices d'énergie que ne l'était l'habitat dispersé autrefois.

Je ne pense pas que ce langage puisse s'appliquer dans ces pays. Pourquoi cette densification ? Les gens ont de meilleures conditions de vie en venant en ville qu'à la campagne. Pourquoi ? Le revenu des paysans est inférieur et insuffisant pour leur permettre de subsister.

On revient sur le problème du commerce international, donc le prix des denrées alimentaires, de l'exportation et de l'importation dans les pays en voie de développement qui contrecarrent la possibilité de produire localement.

**M. Claude SAUNIER** - Les campagnes africaines ne sont pas les mêmes que celles des grandes banlieues européennes. Ce que nous y cherchons, ce sont des campagnes-jardins. Les campagnes africaines sont des lieux de production et de survie, de vie précaire. Les fondamentaux sont différents.

**M. Pierre ZALESKI**, de l'université Paris-Dauphine. J'ai l'impression que l'on utilise de plus en plus de charbon. En Chine, en Inde et même en Allemagne, on l'utilise beaucoup. Tous les problèmes climatiques sont liés à l'émission du CO<sub>2</sub>.

Ne pensez-vous pas que le problème essentiel n'est pas le permis de polluer mais d'essayer de capturer le CO<sub>2</sub> ? C'est plus facile pour le charbon mais cela a un coût. Qui doit le payer ?

Pour le moment, s'agissant du permis, le système est le suivant : vous avez pollué et devez diminuer de tant %. Ce système est plus ou moins éthique et juste. Les pays en voie de développement disent : « Nous polluons très peu par habitant, pourquoi payer ? » Si on ne règle pas ce problème, toutes ces histoires de taxe au niveau européen et même peut-être aux États-Unis, hostiles, ne résoudront pas la difficulté. Il faut attaquer de front et savoir qui va payer le supplément lié à l'émission du CO<sub>2</sub>, notamment du charbon, peut-être de façon générale.

**M. Claude SAUNIER** - Vous avez raison. Cela renvoie à la problématique de Kyoto I et II. Probablement que cela avait des vertus pédagogiques à certains moments et que cela permis de populariser la question de l'énergie et du dérèglement climatique. On en voit bien les limites aujourd'hui, y compris au travers de mésaventures boursières d'une grande entreprise française.

**M. Bruno WEYMULLER** - Pour répondre à l'intervention, je voudrais donner notre sentiment car nos activités sont internationales. Nous sommes à la fois dans des zones de l'annexe 1 et de pays ayant ratifié, des zones Kyoto ou pas pour la production en Afrique ou même en Australie ou aux États-Unis.

Le message est peut-être consensuel, je crois qu'il y a eu intérêt à l'exemple donné par l'Union européenne. Cela nous a forcés à mesurer nos émissions. C'est le début de l'action mais il est clair que l'on voit aujourd'hui les limites du processus européen. Il est très parcellaire. Au niveau mondial, le problème couvre une petite zone de moins en moins importante à terme, c'est sa propre limite. Il est relativement bureaucratique.

On a beau parler de « ISO marché », on voit dans les modalités d'application qu'on a à peine cinq mois d'allocations, ce qui est absolument aberrant du point de vue de la politique de concurrence, donc beaucoup de limites à ce processus. Cela amène à s'intéresser à l'esprit américain sur la technologie. Encore une fois, le sens de mon intervention est qu'il y a tout de même des intérêts dans les deux approches. On ne peut les opposer totalement mais les aspects économiques et techniques sont importants, notamment pour le charbon qui sera clairement une solution au niveau mondial du bouclage énergétique puisque l'Inde, la Chine et les USA ont des réserves considérables.

**M. Claude SAUNIER** - Je vous propose d'en rester là. Nous nous retrouvons après le déjeuner pour deux nouvelles tables rondes.

Madame et Messieurs, merci de votre participation.

*La séance est levée à 12 h 37.*

**CHANGEMENT CLIMATIQUE  
ET TRANSITION ENERGETIQUE**

**COLLOQUE DU 29 JUIN 2006**

**THEME DE L'APRES-MIDI :**

**LES REPONSES**





## PREMIERE TABLE RONDE :

### LA PRODUCTION D'ENERGIE :

#### QUEL(S) MODELE(S) ENERGETIQUE(S) POUR LA FRANCE EN 2030 ?

##### Participant :

- M. Jean-Louis BAL, Directeur des énergies renouvelables, des réseaux et des marchés énergétiques, ADEME
- M. Claude JEANDRON, Directeur délégué au développement durable, EDF
- M. Ghislain GOSSE, Président de l'INRA de Lille
- M. Didier MARSACQ, Pôle de recherche technologique, CEA (hydrogène)

**M. Pierre LAFFITTE** - Chers auditeurs, nous avons évoqué ce matin la nécessité, compte tenu des effets du changement climatique et de l'approche du pic pétrolier et de ses conséquences, de l'évolution vers un nouveau système énergétique qu'il nous paraît intéressant de prévoir dès à présent car il requiert une volonté, des idées et des financements.

Certaines personnes sont présentes. Nous allons commencer par le Directeur délégué au développement durable d'EDF, Claude JEANDRON.

**M. Claude JEANDRON** - Bonjour à toutes et à tous. En quelques lignes, je vais essayer d'exposer la vision d'un énergéticien comme EDF sur cette question à l'horizon 2030, sachant que c'est bien à cet horizon qu'il faut travailler et même au-delà, puisqu'il faut s'en fixer un autre, l'horizon géographique.

Comme cela a été dit ce matin, la question des changements climatiques et notamment de la contribution de la production d'énergie, en particulier de l'électricité, est une question planétaire. La Chine, aujourd'hui, émet autant de gaz à effet de serre, voire plus, que l'Union européenne des 25. Sa croissance en matière énergétique est supérieure à 10 % par an.

La question des besoins et de l'impact des réponses apportées dans ces pays comme la Chine et l'Inde, auxquels tout le monde pense, est centrale. Nous y reviendrons peut-être dans l'après-midi.

L'avenir doit être observé du point de vue de l'Europe, dont la situation est diversifiée. Le secteur de sa production d'électricité équivaut à un peu plus du quart des émissions de gaz à effet de serre et seulement 7 % en France en raison de son parc de production d'électricité composé à 95 % de nucléaire et d'hydraulique, sans émission de gaz à effet de serre.

La situation est donc très diversifiée. Le groupe EDF est, bien sûr, présent en Europe, notamment dans les grands pays d'Europe occidentale, au-delà de la France, au Royaume-Uni, Allemagne et Italie.

La question du renouvellement des parcs de production est déterminante pour nous. Il faut avoir en tête que, d'ici 2025, la moitié du parc de production d'électricité de toute l'Europe est à remplacer. C'est un besoin d'investissements considérable et cela donne une idée aussi de l'importance des choix à faire, ce dans les toutes prochaines années, sachant que certains pays sont presque au pied du mur.

Pour nous, la question se pose à plus long terme. Actuellement, les investissements en France sont surtout destinés à suivre l'évolution de la demande. La question du renouvellement du parc de production actuel se pose à partir de 2012-2015 pour la partie thermique fossile et à l'approche de 2020 pour le parc nucléaire. C'est à cela que répond le projet de construction de Flamanville.

Cet aspect est déterminant pour un énergéticien comme EDF mais nous ne sommes pas seuls concernés.

Quelle pourrait être la situation en 2030 ? Ayons en tête deux scénarios car la question du nucléaire et de la place qu'il occupera à ce moment est évidemment importante du fait de son absence d'émission.

Deux hypothèses : supposons que toutes les centrales nucléaires sans exception, à l'issue de leur durée de vie normale, voire de façon anticipée comme c'est le cas en Allemagne, ne soient pas remplacées, que l'on modernise le parc fossile existant en Europe et supposons qu'on développe les énergies renouvelables, en gros qu'elles soient doublées quasiment en matière de production d'électricité. Dans cette hypothèse, en 2030, les émissions de gaz à effet de serre du secteur électrique seraient augmentées de 50 %. De 1 250 millions de tonnes, elles passeraient à 2 000 millions.

Dans l'autre hypothèse, les centrales nucléaires arrivant en fin de vie sont remplacées par du nucléaire. On reste simplement à stabilité. On modernise tout le thermique fossile, on remplace les centrales au fuel et au charbon en fin de vie à moitié par des centrales cycle combiné gaz qui émettent moitié moins par KWH produit et on double la production d'électricité par les énergies renouvelables. Dans cette hypothèse, on ne fait que maintenir le niveau actuel des émissions.

Voyez l'enjeu que représente le renouvellement du parc et, en particulier, la place du nucléaire. C'est l'effet quantitatif et l'importance des choix de politique énergétique qu'il y a derrière.

S'agissant des choix technologiques, quelles seront les technologies présentes dans ce renouvellement de parc à cet horizon 2030 ?

J'ai déjà un peu donné la réponse en disant que le choix est à faire dans les prochaines années. Les technologies largement présentes en 2030 seront les meilleures d'aujourd'hui. En nucléaire, on aura celui existant pour les centrales qui n'auront pas atteint leur fin de vie et le nucléaire le plus moderne d'aujourd'hui, c'est-à-dire celui dit « de génération 3 » qui n'introduit aucune révolution mais la synthèse des technologies existantes, notamment franco-allemandes.

Le nucléaire de génération 4, utilisant mieux les ressources d'uranium, ne pourra connaître un développement industriel important qu'en 2030-2040. S'il y a un expérimentateur en 2030, ce sera bien.

Il faut différencier la recherche, construire un démonstrateur et chercher à développer une filière à l'échelle industrielle.

Il pourrait y avoir des démonstrateurs. Une petite dizaine de pays travaille sur le programme de génération 4. En gros, six filières sont possibles. Il pourrait y avoir un ou plusieurs démonstrateurs, pas forcément en Europe. Bien sûr on serait satisfait d'en avoir un ici puisque l'on sait que la conception et la construction des filières nucléaires ont un essor important.

Cela étant, encore une fois, pour déterminer quelle serait la filière pouvant se développer à une échelle industrielle, il faut résoudre des problèmes techniques et technologiques avant de construire le démonstrateur et donner la preuve qu'il peut être construit à plus grande échelle, notamment en série.

En conclusion nous le voyons en 2030, si on veut faire preuve d'optimisme. Mais c'est plus vraisemblablement en 2040.

Autre technologie, celle fossile qui permet de gagner en rendement thermodynamique des installations. C'est le charbon dit « supercritique », par exemple.

Construire de tels outils génère des gains dans les pays où le parc charbon est peu performant. A ce jour, construire une centrale supercritique charbon a un sens en Chine ou en Allemagne quand cela remplace des centrales assez vétustes. Il faut chercher des gains importants. Sur le long terme, c'est une solution de moins en moins appropriée, sauf là où l'utilisation du charbon est incontournable. C'est pourquoi je parlais de la Chine.

Cela rejoint ce qui a été évoqué ce matin à propos du charbon propre, qui n'existe que s'il y a capture et séquestration du CO<sub>2</sub>.

Que peut-on penser de cette filière d'ici 2030 ? Il y a des problèmes à résoudre. Les procédés de la capture existent. Il faut les rendre industriels, c'est-à-dire compétitifs. A ce jour, selon les différentes technologies et modes de combustion, en moyenne le prix de revient du KWH avec simplement capture est pratiquement 50 % plus élevé que le KWH produit avec une centrale charbon existante, d'où un surcoût notable.

Ces technologies doivent être maîtrisées à l'échelle industrielle, il faut régérer les produits de captation. Tous ces procédés de capture consomment de l'énergie. Il ne faut pas voir seulement l'augmentation du prix du KWH qui sort d'une centrale mais aussi le bilan énergétique global. Selon les modes de capture, parfois les pertes de rendement sont importantes.

Tout cela occasionne un travail important au travers de démonstrations et évidemment de dispositifs d'incitation. Régler le problème de la capture n'est pas suffisant. Il faudra résoudre celui du stockage. Cela a été dit ce matin, on sait stocker en gisement pétrolier ou gazier.

D'après une étude récente, les gisements présents en Europe, essentiellement en Mer du Nord, permettraient de stocker la moitié du CO<sub>2</sub> produite par le parc électrique européen d'ici 2050, pas plus. C'est déjà bien. Il faut réfléchir à l'autre solution qu'est le captage en aquifère profond, solution sur laquelle des industriels travaillent déjà beaucoup.

Peut-on voir d'ici 2030 un développement de ces solutions à l'échelle industrielle ? On peut penser que cela pourrait commencer à un stade industriel à ce moment-là. L'importance des problèmes liés au stockage est assez élevée.

Après il y a les énergies renouvelables, celles qui peuvent se développer sont matures : l'éolien, mais l'espace est limité, on obtient des gains en termes d'échelle de prix mais ce n'est plus si simple. Il y a d'autres formes de récupération d'énergie plutôt marines, hydroliennes, énergie des vagues. Nous sommes en cours de recherche.

Des gisements ne sont pas négligeables mais aucun ne peut résoudre la totalité du problème. C'est donc sur une complémentarité de toutes ces solutions qu'il faut miser à ce jour. Tous les programmes de recherche et développement que nous menons et avons à mener doivent permettre de dégager des technologies qui émergeront plus tard.

Je parle au nom d'EDF et peux vous donner l'impression qu'on ne se préoccupe que des modes de production ; non, maintenant il n'est plus possible pour un énergéticien ne pas se soucier de la façon dont l'énergie est utilisée. Le modèle d'activité de tous les énergéticiens est en train de glisser progressivement sur une production efficace tenant compte des ressources naturelles, de l'épuisement de la sécurité d'alimentation mais aussi vers des modes d'utilisation, des choix, des économies à faire.

Ce sera le thème de la table ronde suivante mais on tourne autour du même problème : d'ici 10 ou 15 ans, les technologies existantes permettront d'accomplir des progrès considérables et la recherche que nous menons maintenant est pour la suite, pour la propulsion des automobiles, pour les systèmes énergétiques dans nos logements et bâtiments et dans nos réseaux.

**M. Pierre LAFFITTE** - Je donne la parole à M. MARSACQ, du Pôle recherche technologique du CEA.

**M. Didier MARSACQ** - Je suis le Directeur du laboratoire en charge du développement des nouvelles technologies au CEA. Je vais articuler mon propos autour de l'hydrogène et de la vision du Commissariat à l'énergie atomique sur l'évolution du bouquet énergétique en France.

Elle interviendra avec une diminution du fossile disponible, une augmentation de la part du nucléaire, inéluctable selon nous, et l'utilisation d'un nouveau vecteur énergétique, l'hydrogène. Transverse, pour être produit, il utilisera le nucléaire et les énergies renouvelables. En effet, l'hydrogène n'existe pas. Il faut le produire. J'évoquerai ensuite les principaux modes de sa production.

Les deux principales sources de consommation de fossiles sont l'habitat et le transport. Leur problème se pose différemment. Pour le premier, les technologies actuelles permettraient quasiment de concevoir des habitats soit bioclimatiques, soit à énergie positive, qui ne consommeraient pas d'énergie fossile. Les technologies existent mais le problème est que seul 1 % du parc se renouvelle par an. Pour moderniser notre habitat et le rendre compatible aux énergies positives, il faut près d'un siècle. Voyez l'effort à fournir.

Dans l'habitat quelles sont les sources d'énergie disponibles pour se substituer aux fossiles ? Le solaire thermique et photovoltaïque, le bois et la géothermie. Il existe diverses solutions. Le CEA porte actuellement ses efforts vers l'énergie solaire et la combinaison des différentes solutions existantes.

A ce titre, les mesures récentes du gouvernement, notamment l'augmentation du prix de rachat de l'électricité photovoltaïque, sont très intéressantes. Le prix de rachat est passé de 0,15 € à 0,55 €, rendabilisant ainsi l'installation photovoltaïque sur une maison de 20 ans à 5 ans. C'est une mesure importante qui va sans aucun doute lancer le photovoltaïque en France.

Nous étions les derniers de la classe. Il n'y a pas de raison de ne pas rattraper notre grand frère allemand dans ce domaine. Cette mesure est symbolique de l'importance des normes et de l'influence du pouvoir politique sur le comportement et l'amélioration de la situation énergétique. Notamment dans le bâtiment, un levier très fort correspond aux normes d'isolation thermique et d'utilisation de l'énergie.

S'agissant de l'habitat, les solutions existent, il faut s'en donner les moyens et que les politiques appuient sur l'accélérateur, imposent des normes et tout devrait se passer de façon positive, mais cela prendra du temps. Il faut commencer immédiatement.

La seconde source de consommation est le transport pour qui la situation est plus critique. On considère qu'il n'y a pas de solution totalement satisfaisante.

Un ordre d'idée : quand vous faites le plein à la pompe, vous développez une puissance d'un MGW. L'essence est donc formidable en termes de densité d'énergie et c'est la raison pour laquelle tous les laboratoires « s'arrachent les cheveux » pour développer une technologie alternative.

Dans l'évolution du transport, nous essayons d'avoir une road map représentative de ce qu'il va se passer. On est dans la génération « moteurs thermiques », en pleine évolution. On voit les efforts de TOYOTA sur l'hybride. Quelques chiffres : il s'est vendu cette année 300 000 véhicules hybrides dans le monde, dont 80 % de marque TOYOTA, et aucun français. La solution va s'imposer sans aucun doute.

En complément, seront introduits sur le marché les biocarburants ou carburants de synthèse. On peut imaginer sous 10 ans que les véhicules consommeront entre 1 et 2 litres de combustible fossile du fait d'un gain de 20 %, lié à l'hybride, et un autre à l'introduction de carburants de synthèse.

Globalement, sous 10 ou 15 ans on devrait avoir des véhicules réellement de très faible consommation. Le pari du CEA sur le transport est que la génération après-hybride sera électrique, à piles à combustible, notamment pour les marchés de masse. On peut penser aux véhicules électriques à batteries pour les flottes captives.

Le CEA ne croit pas aux véhicules à batteries pour chacun. Cela demandera des quantités de batteries énormes. Nous avons un doute sur cette possibilité. Cependant peuvent être imaginées des flottes captives, tels les véhicules de grandes sociétés, toutes électriques et à batteries.

Par ailleurs, l'hydrogène s'utilise de plusieurs façons dont la plus directe est de l'introduire directement dans le moteur. On y gagne peu et on conserve le mauvais rendement du moteur thermique auquel s'ajoutent les problèmes liés à l'hydrogène, comme son stockage.

Il existe la conversion dans les piles à combustible dont l'hydrogène est le carburant. Cependant on peut l'utiliser pour des carburants de synthèse. Il présente donc plusieurs avantages.

Selon nous, la production d'hydrogène va s'articuler selon deux axes :

- Une massive et centralisée, avec le nucléaire. Pour électrolyser de l'eau, il faut beaucoup de chaleur et d'énergie électrique. Nous pensons qu'une telle production est forcément liée à l'énergie nucléaire.

- On peut imaginer également une production décentralisée, d'autres l'ont fait avant nous, avec dans chaque maison une centrale photovoltaïque, un électrolyseur basse température et chaque habitat produit l'hydrogène alimentant la chaudière et faisant le plein du véhicule.

Voilà l'avantage de ce vecteur énergétique.

Nous sommes convaincus que le nucléaire est un élément-clé dans le futur bouquet énergétique. Des débats existent sur quels types de filières, quelles sont les réserves de combustibles pour le nucléaire. Je vais donner un ordre de grandeur : pour remplacer en équivalent énergie la consommation de fossiles actuelle par un parc nucléaire, il faut passer de 800 réacteurs à 8 000 dans le monde. Nos réserves d'uranium se chiffrent sur les doigts d'une main en années. Le nucléaire n'est pas la panacée mais complétera le reste.

La filière des surgénérateurs nous semble intéressante. Ceux-ci posent moins de problèmes de ressources en combustible nucléaire.

Pour conclure, la décroissance de l'offre pétrole à court terme est évidente. Je crois que personne ne la remet en question. Il me semble tout aussi évident que les pays comme la Chine ou l'Inde auront recours massivement au charbon. Parallèlement à la baisse du pétrole, interviendra une hausse des problèmes de climat et d'effet de serre, d'où simultanément une crise énergétique avec des dérèglements économiques et une crise environnementale. Il y a une vraie urgence à la mobilisation de toutes les énergies pour développer les filières dont je viens de parler.

Voilà la vision du CEA.

**M. Pierre LAFFITTE** - Nous écoutons Jean-Louis BAL, Directeur des énergies renouvelables, des réseaux, et des marchés énergétiques de l'ADEME.

*(Projection)*

**M. Jean-Louis BAL** - Je passe rapidement sur des sujets déjà évoqués par les deux orateurs précédents pour vous présenter une autre vision de la place des énergies renouvelables dans le défi qui nous est posé pour résoudre les questions de raréfaction des ressources et de changement climatique.

De quelles ressources dispose-t-on quand on parle d'énergies renouvelables ? Je définis une nouvelle unité : la consommation totale d'énergie au niveau de la planète. J'ai pris le chiffre 2002, c'est-à-dire 10,8 milliards de tonnes équivalent pétrole (TEP).

L'énergie solaire interceptée par la planète représente déjà près de 12 000 fois cette quantité. Ce qui arrive sur la surface de la terre et qui n'est pas renvoyé par l'atmosphère est 8 400 fois cette unité. Par conséquent l'énergie solaire, mère de presque toutes les autres énergies renouvelables, a largement de quoi répondre à nos défis. Le problème est plutôt une question de temps. On ne pourra y répondre à la vitesse demandée.

Cette énergie solaire va se transformer en cycles hydrologiques pour faire de l'hydraulique. La quantité d'énergie est tout à fait considérable.

Un focus sur la biomasse, dont la croissance annuelle correspond à peu près à trois fois la consommation d'énergie de l'humanité. Cela dit, la biomasse sert à autre chose qu'à l'énergie, en premier lieu à se nourrir, et permet la réalisation de matériaux.

L'ensemble des courants (vents marins et houle) représente 26 fois la consommation mondiale d'énergie et, finalement, tout ce qui nous vient du centre de la terre. La géothermie représente en flux deux fois la consommation mondiale d'énergie, ce qui est relativement peu. Cela dit, on exploite dans la géothermie la chaleur accumulée dans la croûte terrestre qui représente beaucoup plus que les ressources en énergies fossiles.

Nous devons réduire par quatre nos émissions, et ce rapidement. Nous n'y parviendrons pas uniquement avec les énergies renouvelables, malgré l'ampleur de la ressource dont je viens de parler. Aussi il faudra utiliser la panoplie entière des outils à notre disposition. On a parlé du nucléaire, de la séquestration du carbone mais il sera surtout question de maîtrise de l'énergie, donc de la diminution de nos consommations.

Pour le cas français, vous est présentée l'évolution des émissions de gaz à effet de serre pour les différents secteurs. Dans l'ordre, ce sont le transport, le bâtiment mais aussi la production d'énergie puisque, malgré le fait que la base soit assurée par de l'hydraulique et du nucléaire, les émissions de gaz à effet de serre sont en hausse.

La biomasse est une source d'énergies renouvelables qui a la caractéristique de pouvoir répondre aux trois usages de l'énergie transport, production de chaleur et d'électricité, mais en quantité relativement limitée.

On dispose d'une ressource en dehors des usages alimentaires et des usages matériaux de l'ordre de 40 à 50 millions de tonnes équivalent pétrole, à rapporter à notre consommation totale d'énergies de 275 millions. On ne pourra pas tout faire, il faudra choisir entre les usages carburant, chaleur et électricité. Nous proposons une hiérarchisation entre ces différents usages avec une priorité au carburant. Comme l'a expliqué Didier MARSACQ, c'est la seule alternative pour faire des carburants à partir d'énergies renouvelables sous forme de carburant ou d'hydrogène ensuite.

Quel est le potentiel pour les biocarburants dans le transport ? Les carburants de première génération, dérivés de l'agriculture alimentaire, pourront au mieux produire de l'ordre de 5 millions de TEP. L'estimation est déjà très optimiste. Elle demandera d'utiliser 3,5 millions d'hectares sur les 18 de terres cultivables dont nous disposons.

Il faudra passer aux carburants de seconde génération, fabriqués à partir de la plante entière de la lignocellulose et pour lesquels on pourra de nouveau produire de l'ordre de 5 à 7 millions de tonnes équivalent pétrole, le total représentant un maximum de 24 % de la consommation de carburant, si celle-ci n'augmente pas. Ces chiffres sont basés sur la consommation actuelle. C'est significatif mais ne règle pas la totalité du problème.

S'agissant de l'usage chaleur, celui qui se développe, bien connu mais qui demeure marginal, est l'usage du chauffage solaire. Avec la réglementation thermique datant de 2000, on peut couvrir de l'ordre de 50 % des besoins thermiques globaux de l'habitation.

On peut aller plus loin. Je vous présente une photo d'une habitation qui ne consomme plus d'énergie pour son chauffage ni pour sa climatisation. Elle se situe en Suède, mais il en existe dans beaucoup de pays nordiques, en Allemagne et en Suisse également.

C'est un habitat dont l'isolation et l'étanchéité sont tellement soignées que l'apport du métabolisme, les apports solaires directs et les chaleurs issues des consommations d'électricité à l'intérieur suffisent à maintenir le logement en température. Par - 29 degrés à l'extérieur, il y

avait + 22 à l'intérieur. On a même eu par - 3, + 29 à l'intérieur, ce qui a forcé les habitants à ouvrir les fenêtres en plein hiver. Il n'y a pas besoin de climatisation. L'architecture est pensée avec des débords de toiture qui permettent d'éviter en été le chauffage direct par le soleil. Il y a à surveiller le renouvellement d'air, une ventilation est contrôlée avec échangeur de chaleur sur l'air extrait.

C'est valable pour le tertiaire. C'est l'habitat du futur qui pourrait être généralisé dès maintenant mais avec le temps de réponse nécessaire pour adapter les professions, les réglementations car tout cela va prendre du temps.

Sur les énergies renouvelables pour la production de chaleur, plusieurs autres sources importantes :

Le bois, qui est déjà la première énergie renouvelable en France, fournit près de 15 % de nos besoins thermiques, et que l'on peut encore considérablement améliorer, mais on va toucher à la même ressource dont j'ai parlé. On peut améliorer son bilan et même avoir plus de chaleur fournie pour moins de bois consommé, ce qui libérerait des quantités d'énergie pour d'autres usages.

Notre vision sur l'horizon 2050, en soignant la qualité des bâtiments aussi bien existants que neufs, est que, globalement, la consommation du secteur bâtiment pourrait être diminuée par deux pour répondre au besoin rémanent à partir des énergies renouvelables pour 50 % et le reste serait fourni à partir d'énergies fossiles, de préférence le gaz, puisque c'est le moins émetteur de CO<sub>2</sub>, mais aussi l'électricité qui pourrait fournir de la chaleur à partir de pompes à chaleur, notamment géothermiques.

A propos de l'électricité, il faut souligner l'importance de l'hydraulique, pour rappeler que le débat ne se limite pas à l'éolien. L'hydraulique est une énergie qui nous est précieuse. Vous est représentée ici sur quelques jours l'évolution de la production électrique française avec une base assurée par le nucléaire et surtout des pointes consolidées par turbinage à partir de lacs ou d'écluses. Ce potentiel augmente difficilement, encore qu'il sera possible de faire des centrales de pompage turbinage, mais il faut surtout le préserver car il peut y avoir antagonisme entre qualité de l'eau, protection de l'environnement et limitation des émissions de gaz à effet de serre.

L'énergie éolienne pourra apporter un complément non négligeable avec un potentiel réaliste de 25 à 75 térawatts/heure à moyen terme. Sous réserve que l'acceptabilité sociale s'améliore, on peut techniquement tolérer jusqu'à 15 % d'électricité variable sur un réseau électrique. Ce qui est beaucoup plus que 25 à 75 térawatts/heure.

Le solaire photovoltaïque est une énergie électrique du futur. Bien qu'on puisse déjà la développer, elle n'apportera pas de contribution significative avant 2020. Avec 25 m<sup>2</sup> de capteurs solaires photovoltaïques, on couvre les besoins électriques actuels d'une habitation. On a la compétitivité à l'horizon 2020. C'est là que l'on pourra développer une contribution tout à fait significative.

Toujours sur l'électricité, existe une autre possibilité : l'exploitation des roches profondes par la géothermie. Vous avez ici le schéma de l'expérimentation menée actuellement en Alsace au travers de laquelle on va chercher de la chaleur dans des roches sèches par injection d'eau à 5 000 m de profondeur que l'on récupère pour ensuite produire de l'électricité. On n'a pas encore une très bonne estimation du potentiel exploitable à partir de cette technologie. Si elle s'avère économiquement et techniquement compétitive, c'est de l'ordre de plusieurs centaines de térawatts/heure annuelles au niveau de l'Union européenne.



Enfin, je rappelle que les énergies renouvelables conjuguées à la maîtrise de l'énergie sont une réponse significative au fameux défi.

A court terme, se développeront les biocarburants version agriculture alimentaire, la biomasse, le solaire et la géothermie pour le chauffage, l'éolien terrestre pour la production d'électricité et sur le moyen terme, les biocarburants de seconde génération, l'éolien en mer, la géothermie profonde et le photovoltaïque, peut-être des énergies tirées de courants marins ou de la houle, mais on a encore des besoins en recherche et développement importants pour améliorer les technologies et apprendre à gérer correctement des énergies intermittentes.

Tout cela prendra du temps et c'est bien la raison pour laquelle les énergies renouvelables ne peuvent répondre à elles seules à ce défi, notamment pour développer l'offre professionnelle et les réglementations qui vont avec. Je pense particulièrement au secteur du bâtiment.

**M. Pierre LAFFITTE** - Je donne la parole à Ghislain GOSSE, Président de l'INRA de Lille.

**M. Ghislain GOSSE** - Bonjour à toutes et à tous.

Je vais essayer de présenter la vision de l'INRA sur les questions de la biomasse, le nucléaire étant loin de nos compétences.

En matière de biomasse, l'analyse de l'INRA aujourd'hui est qu'il faut en sortir un élément de régulation des marchés agricoles.

La biomasse est un des éléments du bouquet énergétique français. Je pense que cela change complètement la donne. Je reprendrai ce qu'a pu dire Jean-Louis BAL : aujourd'hui, c'est de l'ordre de 8 à 10 millions de TEP, en 2050, 40 à 50 millions de TEP. Cela ne sera qu'un des éléments du bouquet énergétique.

Pour nous, la priorité est de savoir où mettre la biomasse. Vers l'électricité ? La chaleur ? Les biocarburants ? C'est une question fondamentale. Un des critères de choix de sélection du process que nous retiendrons sera l'efficacité en termes de réduction des émissions des gaz à effet de serre. C'est là où on situe la priorité, peut-être plus que sur celle énergétique.

D'autres contraintes feront que ce sera orienté différemment.

Le problème qui se pose à un organisme de recherche est comment assurer aujourd'hui la faisabilité du saut de 8, 10 millions de TEP à 40, 50 millions de TEP. Cela paraît relativement facile mais loin d'être trivial.

Trois possibilités s'offrent à nous :

- élargir l'assiette de la biomasse que l'on pourra mobiliser, c'est-à-dire ne pas se limiter aux seuls grains de colza, de blé ou racine de betterave. Il faudra aller chercher ailleurs ;
- travailler sur la plante entière et non plus sur 50 % ;
- mobiliser des surfaces qui aujourd'hui le sont pour les usages alimentaires.

Ces trois scénarios ont un point commun : la lignocellulose, tissu de soutien des végétaux, du bois et des tiges. C'est ce que nous considérons être un élément prioritaire.

On extrapole exagérément : mobiliser des surfaces pour être efficace et diminuer la compétition entre alimentaire et non alimentaire en pensant passer de 10 à 40 millions, soit 30 millions de TEP, n'est pas un système durable, surtout en s'appuyant sur un scénario existant basé sur une TEP/hectare. Il nous faut donc travailler des procédés performants par unité de surface et aujourd'hui, sur les cultures lignocellulosiques dédiées sur lesquelles nous agissons, nous sommes sur des bases de l'ordre mentionné par Jean-Louis BAL, 6, 7, 8 TEP/hectare. Avec ce type de culture, s'ouvre un panel de possibilités en fonction des conditions pédoclimatiques.

L'agriculture est basée sur un système de cultures annuelles que l'on empile tous les ans classiquement. Le fondement de notre réflexion est de se dire que les systèmes les plus performants pour ce type de production ne seront pas annuels mais pérennes.

L'enjeu pour le monde agricole sera donc de réussir à rentrer des systèmes pérennes dans lesquels les décisions seront prises pour 15 ou 20 ans alors que le monde agricole est habitué à en prendre tous les ans. Je pense que prendre en compte cette échelle de temps est fondamental.

Dès lors que l'on parle de biomasse, de TEP, de millions de TEP, il y a des hectares et des millions d'hectares. Il y a des territoires ruraux, avec des terres arables, des prairies, avec des espaces qui ont des services écologiques et des habitants.

L'un des enjeux de la biomasse est de savoir comment l'insérer dans les territoires ruraux. L'idée n'est pas de faire un couper-coller systématique. Dans certains lieux, il sera possible d'introduire des cultures pérennes en nombre relativement important et parfois non, pour des raisons évidentes de compétition avec l'alimentaire.

Il faut travailler sur cette série de niches. Dans les années 90, ces idées existaient mais étaient portées par « des ayatollahs » d'une solution qui voulaient la décliner partout et s'affronter. Je pense que la solution consiste en un mix décliné à certains endroits et pas dans d'autres.

L'INRA est relativement incompetent sur un élément qui aura des conséquences importantes en matière d'aménagement du territoire, à savoir les choix technologiques pour valoriser cette biomasse lignocellulosique. Si on part sur des voies thermochimiques avec des unités de l'ordre du million ou de 5 millions de tonnes de produits finis, on voit que l'organisation de la ressource et de la logistique sera complètement différente d'un choix avec des voies biologiques où la taille des unités équivaut à 200 000 tonnes, taille d'une sucrerie distillerie classique aujourd'hui.

Cette incertitude sur le choix technologique, voie thermochimique ou biologique, est importante en matière de développement rural et d'organisation de la ressource. On a besoin d'une interaction très forte entre les hommes de la ressource et ceux de la technologie.

Dernier aspect biomasse/acceptabilité : faire du carbone renouvelable, certes c'est bien mais pas trivial. Ce n'est parce que l'on parle de biomasse qu'on travaille nécessairement comme il faut. Il faut l'intégrer. On peut être bon en matière de réduction des émissions de gaz à effet de serre et être mauvais en termes d'impact régional et local, pollution des eaux et biodiversité.

Je pense que cet aspect-là est fondamental pour l'acceptabilité des filières. Il ne faut pas « se rater » si on veut que les filières soient acceptées au niveau de l'espace rural. Idem sur la logistique à mettre en œuvre pour alimenter les structures industrielles. Logistique signifie camions et circulation. Il faut être vigilant également sur la manière dont on travaillera.

Comment l'INRA le décline-t-il en matière de programmes de recherche ? Le court terme pour nous correspond à contribuer à l'amélioration des bilans économiques et environnementaux des marchés de masse en place et des biocarburants de première génération, à savoir comment, par une valorisation des coproduits, améliorer leur bilan économique ?

Notre priorité ensuite est la mise en œuvre de la ressource lignocellulosique en termes d'adaptation et de mobilisation de la ressource, et une utilisation par des voies biologiques dans les compétences.

A plus long terme, trois questions, qui, à mon avis, entre 2030 2050 et au-delà, sont fondamentales :

Quelle incidence régionale du changement climatique ? Nous ne pouvons l'oublier dans nos réflexions.

Quels conflits et comment les gérer pour l'eau et les sols ? La question ne se pose pas nécessairement dans nos régions mais dans le Sud de la France et, si on raisonne au niveau Afrique ou tropical, elle sera fondamentale.

Sur le long terme, quelles seront les habitudes alimentaires du Français moyen et du Terrien moyen ? En matière d'utilisation des terres, cette question sera importante. Si on annonce pouvoir faire 30 millions de TEP en France, c'est en disant que des 5 millions d'hectares de blé destinés à l'exportation, il est possible d'en faire des cultures énergétiques à 7 millions de TEP.

En 2030 et 2040, il y a des incertitudes sur lesquelles il faut travailler.

**M. Pierre LAFFITTE** - Vous n'avez pas prononcé les mots : « forêt méditerranéenne ».

**M. Ghislain GOSSE** - C'est une des formes de biomasse que l'on peut mobiliser relativement aisément et qui présente l'avantage important de la multifonctionnalité.

Ces biomasses lignocellulosiques peuvent avoir d'autres effets : forêt méditerranéenne, récolte de biomasse et lutte contre les feux de forêt, donc multifonctionnalité et effet induit différent.

Le second exemple est l'implantation de ce type de biomasse sur des zones de captations d'eau où aujourd'hui on a de plus en plus de problèmes de qualité. On pourrait envisager ce type de niches avec des effets de multifonctionnalité ou des corridors écologiques. Les scénarios sont différents.

**M. ELGHOZI** - Sans préjuger ou présager des choix des différents modes énergétiques qui permettront de répondre à nos questions, concernant le nucléaire, même si j'y suis favorable, j'aimerais connaître l'opinion des experts présents aujourd'hui pour indiquer le niveau de maîtrise des déchets et comment sera-t-il évalué si la croissance de notre parc nucléaire, national et européen, croît pour remplacer les énergies fossiles ?

**M. Pierre LAFFITTE** - Le Parlement vient de prendre une loi sur les déchets nucléaires. Cela a donné lieu à grands débats plus que sur les déchets des centrales non nucléaires.

**M. Claude JEANDRON** - Le problème ne porte pas vraiment sur le volume ni la technique de traitement de déchets nucléaires. On sait les trier et les isoler dans une matrice stable à l'échelle de temps suffisante, donc selon la durée de vie de la matière radioactive. Il s'agit de savoir si on fait confiance à la géologie dès aujourd'hui pour assurer le confinement définitif de ces déchets ou à la capacité humaine des générations, entre 5 et 10 tout au plus, pour éventuellement revoir nos choix de recourir à l'entreposage en surface ou en subsurface, d'après l'opinion exprimée dans la loi récente plutôt en subsurface.

La génération 4 utilise moins de combustibles et dans les voies de recherche sur cette génération, un dispositif permet de réduire la durée de vie des produits d'activation. De façon intrinsèque, ces réacteurs produiraient des déchets à moins longue durée de vie. Cela étant, la question se pose quand même un peu de façon similaire.

**Une auditrice** - A propos de l'énergie thermique peu évoquée, au contraire des produits d'énergie électrique, en dehors du transport que j'exclus, je pense plutôt aux aspects chauffage et thermie en général, comment se positionne-t-on ? Qu'est-ce cela représente par rapport à l'énergie électrique et comment résout-on cet aspect de la consommation énergétique ?

**M. Jean-Louis BAL** - J'ai parlé de la production de chaleur à partir d'énergies renouvelables. On peut dire que dans la loi de programmation des orientations de la politique énergétique de juillet 2005, il y a un objectif en termes d'augmentation de la production de chaleur à partir des énergies renouvelables.

Comment se positionner ? Je l'ai montré avec le bâtiment dans lequel se consomme une grande partie de la chaleur. En dehors de l'industrie, c'est un des principaux secteurs émetteurs de gaz à effet de serre et c'est bien, après celui des transports, celui sur lequel nous devons concentrer nos efforts.

Cela viendra au moins autant dans la maîtrise de la demande d'énergie, dans le renforcement des performances du bâtiment et dans les équipements à l'intérieur que des énergies renouvelables

On peut améliorer fortement les performances des bâtiments existants. Ceux qui datent d'avant la première réglementation thermique ont une consommation de 300 KWH par mètre carré et par an. De nombreuses expériences montrent qu'on peut réhabiliter des logements anciens jusqu'à descendre leur consommation à environ 50 KWH par mètre carré et par an. Ce qui est moins que ce qu'exige actuellement la réglementation sur le bâtiment neuf, y compris dans les HLM.

A l'horizon 2050, 65 % des bâtiments qui existeront existent déjà aujourd'hui et 35 % seront neufs, c'est-à-dire encore à construire. Il faut se dire que l'effort est à répartir sur le bâtiment existant sans pour autant négliger celui neuf. On peut atteindre sur le bâtiment existant des performances non pas équivalentes au « zéro énergie » que j'ai montré sur les bâtiments neufs mais avec des niveaux fortement réduits qu'on pourra satisfaire avec du bois énergie, via des réseaux de chaleur, de la géothermie et du solaire.

**Un auditeur** - Pour les énergies renouvelables, des prévisions émanant de l'Agence européenne des énergies renouvelables font état, à l'horizon 2030 ou 2040, que 50 % de l'électricité produite dans le mix énergétique seraient réalisés par les énergies renouvelables, avec l'éolien et le photovoltaïque, qui enregistrent actuellement un taux de croissance de 35 % l'an.

Cela représente l'équivalent de deux centrales nucléaires installées chaque année mais à l'horizon 2030 ou 2040, en puissance installée, cela pourrait correspondre à 300 réacteurs en production d'énergie. Je sais que le nombre d'heures d'utilisation de soleil par rapport au nombre d'heures d'utilisation des centrales nucléaires pourrait représenter 50 tranches de centrales nucléaires de plus par an. Ce n'est pas négligeable.

Actuellement, il y a deux pays moteurs pour cette forme d'énergie renouvelable, le Japon et l'Allemagne. Il est important d'intensifier les recherches en France dans ce domaine pour tenter de combler le retard et ne pas se faire distancer.

**M. Pierre LAFFITTE** - Dans notre rapport, nous avons pris en compte le développement rapide du photovoltaïque, cela paraissait aller de soi.

**Mme Dominique DRON** - Je souhaiterais reposer ma question de ce matin : quand on est en système tendu sur les ressources, on voit apparaître des contrats long terme sur le pétrole et le gaz. A quoi ressemblent ceux sur l'uranium ?

Par ailleurs, quand on parle de génération 4, selon l'intervenant on entend évoquer 2015, 2020, 2025, etc. Ces personnes ne parlent sûrement pas du même sujet. Si vous pouviez éclairer notre lanterne, ce serait bien.

Enfin, j'ai conclu de l'exposé de M. MARSACQ concernant l'hydrogène qu'il pensait que, malgré les chutes de rendement, chaque fois que l'on change de vecteur il y avait plus de possibilités de stocker l'hydrogène que l'électricité, même en 2030 ou 2050.

Ai-je bien compris ?

**M. Claude JEANDRON** - Le souci de tout producteur d'origine nucléaire est de sécuriser ses approvisionnements en uranium et le plus possible sur le long terme. Selon une donnée publique, figurant dans les rapports de l'AMF pour EDF, cette dernière a sécurisé ses approvisionnements d'uranium jusqu'en 2020.

On a 15 ans de contrats garantis, non pas sous forme unique, mais de contrats diversifiés en termes d'origine géographique. L'uranium vient en gros d'Amérique du Nord, d'Australie, d'Afrique et un peu d'Asie, en particulier du Kazakhstan.

Nous, comme les autres, essayons de diversifier nos approvisionnements. Peut-être plus que les autres d'ailleurs puisque nous sommes le premier producteur au monde.

Nous tentons de diversifier les formules de prix, en particulier de révision, même s'il faut avoir en tête que le prix de l'uranium ne représente que 5 % du prix complet du KWH électrique.

Nous sommes moins sensibles aux variations de prix.

Enfin, sur les réserves, celles d'uranium connues, identifiées et repérées sur la planète représentent 60 ans de production du parc nucléaire actuel mondial. Ce sont les réserves connues à coût économique déterminé. A partir de là, les spécialistes estiment qu'il faut multiplier par un facteur 4 pour avoir une idée de toutes les réserves, y compris celles inconnues ou à des coûts d'exploitation plus élevés. On arrive au-delà de 200 ans, avec la consommation actuelle et les technologies en vigueur. Sachant que la génération 4 multiplie par 50 le facteur de consommation d'uranium, la réserve est égale à 50 fois 200 ans, à la condition, bien sûr, de maîtriser complètement le cycle du combustible. Il faut absolument un retraitement.

S'agissant toujours de la génération 4, quand nous évoquons 2030 par optimisme, ou 2040 plus vraisemblablement, c'est en imaginant un développement industriel de cette technologie. Ce n'est donc pas un démonstrateur de petite puissance mais vraiment une tête de série, ce qui impose un ou plusieurs démonstrateurs avant. Il faudra faire tourner ce

démonstrateur quelques années pour être sûr que la filière soit complètement maîtrisée aux plans technique, économique et cycle du combustible.

C'est ce qui nous fait pencher pour 2040 plutôt que 2030, et encore moins 2020. Si on en était capable, ce serait formidable. Ceux qui disent que l'on devrait être en mesure avant, y compris en 2005, sont les mêmes qui disent que ce n'est probablement pas la peine de construire une génération 3 maintenant et qui se réservent la possibilité de critiquer la génération 4 après. Attention à tous ces modes de raisonnement !

Le nôtre n'est pas celui d'un chercheur pur et dur, nous raisonnons tel un industriel qui cherche à mettre à disposition de ses clients une énergie fiable et économique.

**M. François MOISAN** - Dominique DRON a posé une question sur l'hydrogène.

Je représente la France dans l'Initiative internationale sur l'hydrogène à laquelle 17 pays collaborent pour ce que l'on appelle : « une économie de l'hydrogène ».

Bien sûr, les piles à combustible posent des problèmes. Dans le rapport des sénateurs, on a vu la nécessité de diviser de 50 à 100 leur coût pour les rendre compétitives, du moins dans les transports.

Dans vos propos, Monsieur MARSACQ, cela allait de pair avec le nucléaire. Il est vrai qu'il y avait l'option nucléaire haute température, je vois dans l'IPHE que pour les grands pays représentés, les États-Unis, la Chine, l'Inde, l'option hydrogène va de pair avec le combustible fossile. Le charbon notamment qui fera l'hydrogène.

A propos des réacteurs à haute température, depuis un an les cycles iode-soufre posent des problèmes de développement. Je ne suis pas compétent sur cette filière mais je vois que cela irait de pair avec le charbon et avec la notion de captage et de stockage de CO<sub>2</sub>, incontournable.

Je voulais votre position.

Il reste non pas l'option haute température, mais l'électrolyse.

A la limite le nucléaire servirait à faire de l'électricité, on sait que le charbon sera abondant en Chine. Quel est votre point de vue s'il y a de l'hydrogène ? C'est encore incertain sur les échéances - certains voient 2015, je pense que c'est pour plus tard-. Selon quelles sources ?

**M. Didier MARSACQ** - Dans la comparaison du stockage électrique via des batteries ou l'hydrogène, actuellement les modes développés sont du même niveau de performance que les batteries en densité d'énergie stockées.

Les batteries, depuis 15 à 20 ans, progressent de quelques pourcent par an, d'où une marge d'amélioration importante. Des idées circulent selon lesquelles l'hydrogène pourrait stocker deux à trois fois plus d'énergie que les batteries. Nous faisons ce pari mais ce ne sont jamais des solutions uniques. Il faut regarder les différents types d'application.

Le vecteur hydrogène est intéressant parce qu'assez versatile. On peut très bien l'injecter dans des chaudières classiques pour les faire fonctionner en remplaçant le fioul. C'est impossible avec l'électricité. Il faut toujours regarder application par application.

Au titre de la production massive d'hydrogène, il est vrai que des débats sont engagés chez EDF et au CEA sur les filières les plus appropriées pour produire l'hydrogène.

Globalement, au CEA, notre orientation vise l'électrolyse haute température avec couplage au nucléaire.

On a évoqué la biomasse comme producteur de l'hydrogène ; celle-ci est sûrement intéressante pour certains pays ; toutefois, en France, la forêt augmente mais sur la planète, elle diminue. Nous ne sommes pas favorables à une stratégie biomasse massive.

Je reviens maintenant sur les différents cycles à haute température. La question portait sur la comparaison entre l'électrolyse haute température, les cycles haute température comme l'iode de soufre et le charbon. Celui-ci est un fossile qui va se raréfier. On part d'hypothèses de consommation actuelle sur lesquelles on fonde nos réserves. C'est une erreur.

Affirmer disposer de 200 ans de charbon est valable avec des hypothèses de consommation récente. Quand on voit ce qu'elle est en Chine ou en Inde, ces estimations sont fausses. Par conséquent, une stratégie alternative aux fossiles basée sur le charbon revient à reculer pour mieux sauter.

**M. Pierre ZALESKI** - Les réserves portent sur 200 ans mais les ressources prévues représentent quatre fois plus.

**M. Jean-Luc WINGERT** - Si on inclut le pic de production ce serait 2050, soit la moitié.

Sachant que les pics de production de gaz naturel et de charbon dépendent de la manière dont sera négocié le passage de celui du pétrole, déjà incertain sur sa date, tout cela commence à être très hypothétique. Mais il est intéressant d'avoir des ordres de grandeur en tête.

**M. Didier MARSACO** - Chaque pays défend une stratégie correspondant à ses ressources, ce n'est pas forcément la meilleure pour l'intérêt général. Les pays qui ont du charbon le proposent pour produire de l'hydrogène. La France tire vers une stratégie plutôt nucléaire.

**M. François ANDRÉ** - Je suis ennuyé, Monsieur BAL ; s'agissant des énergies renouvelables vous avez cité l'éolien, la géothermie, le solaire mais vous avez fait l'impasse sur le micro hydraulique.

Dans la loi d'orientation énergétique, l'année passée, l'hydraulique apparaît. En début d'année, le rapport Dambrine préconise le développement du parc existant. Sept térawatts/heure sont disponibles en pico-hydraulique et 100 000 moulins sont à l'abandon en France, il serait peut-être temps d'agir. Il y a du travail, de l'énergie disponible et de nombreux sites à l'abandon. Prenons déjà ce que nous avons.



**M. Jean-Louis BAL** - Dans le temps qui m'était imparti, il n'était pas simple d'entrer dans le détail de chacune des filières.

J'ai cité l'hydraulique comme étant notre énergie électrique la plus précieuse. Il est vrai que, dans le diagramme que j'ai montré, les couches inférieures correspondent à l'hydraulique au fil de l'eau, aussi assez précieuse. Il est vrai que demeure un certain potentiel de développement. Selon les estimations, il se situe entre 4 et 7 térawatts/heure. Je rappelle surtout qu'il pourrait être de moins 4 ou de moins 7 si on laisse agir certains « ayatollahs » de la pureté des eaux.

**M. Pierre LAFFITTE** - Certains ont leur mot à dire concernant l'alimentation en eau des communes.

**M. François ANDRÉ** - En seconde lecture, la loi sur l'eau et les milieux aquatiques sera examinée en septembre. Un article 7bis nouveau nous dit que les centrales arrêtées depuis plus de deux ans risquent de perdre leur droit d'eau. D'un côté, on nous dit : « allez-y ! », et de l'autre on se fait poignarder dans le dos chaque jour. Il faut au niveau national une ligne droite pour savoir où l'on va et si on investit ou pas.

**M. Claude SAUNIER** - C'est une belle illustration de la responsabilité des législateurs qui ont à faire face à des lobbies dont les intérêts sont contradictoires.

Entre ceux qui, comme vous, préconisent l'utilisation massive de l'hydroélectricité et ceux qui défendent les truites, les arbitrages sont parfois difficiles et, par exemple, avec l'obligation de délivrer en constance au moins 10 ou 15 % du débit d'un fleuve, ce n'est pas forcément compatible.

**M. Didier MARSACQ** - Je souhaite compléter mon propos et formuler une remarque sur le photovoltaïque. Je rejoins les propos de M. WEYMULLER : indépendamment de tout ce que l'on peut dire et des solutions complexes du bouquet énergétique, une énergie semble inépuisable à notre échelle, c'est celle solaire.

Je crois qu'il y a consensus sur le sujet. Il y a plusieurs façons d'utiliser cette énergie mais la vraie stratégie à long terme intéressante, pour le climat et au niveau économique, est l'énergie solaire.

Il y a les stratégies thermiques et photovoltaïques. C'est pour moi une priorité comme tout ce qui gravite autour du solaire avec le stockage de l'énergie et toutes ces thématiques techniques.

Ce n'est pas simplement une vision écologiste du problème mais aussi économique. Le CEA est convaincu que développer l'énergie solaire et l'industrie photovoltaïque constituera un relais de croissance très important pour le pays.

L'an dernier, se sont créés en Allemagne 30 000 emplois dans le photovoltaïque.

**M. Pierre LAFFITTE** - C'est intégré dans notre rapport. J'en profite pour vous donner sa référence puisqu'il sera dès demain en ligne : <http://www.senat.fr/opecst/rapports.html>

**M. Claude JEANDRON** - Deux compléments très brefs pour répondre à l'hydraulique et aux projets d'investissements : EDF, en France, estime le potentiel encore « équipable » de près de 300 MW, sous forme de modernisation d'aménagements existants (le site sur la Romanche dans l'Isère, un autre projeté en Corse et l'équipement de débits réservés) mais ce sont de très faibles puissances puisque l'on ne bénéficie pas de la chute d'eau.

C'est quand même un potentiel relativement limité. Je m'associe à ce que disait M. BAL, attention à préserver le potentiel existant ; certes, il faut regarder les impacts environnementaux, sur la qualité de l'eau, etc. Cependant, on sacrifie parfois le potentiel hydroélectrique pour des questions pas forcément essentielles.

Deuxième complément de réponse, le solaire peut servir à fabriquer de la chaleur. Le solaire pour produire de l'eau chaude sanitaire peut être mis en oeuvre facilement à des coûts d'accès relativement accessibles même si c'est toujours plus coûteux que les solutions classiques.

Il faut recourir à cela. Il est plus facile de stocker de l'eau chaude que de l'électricité, et on sait le faire à l'aide de ballons bien isolés. Le solaire photovoltaïque doit résoudre son problème de base, il nécessite des cellules de silicium dont le marché est complètement saturé. Il ne peut répondre à la demande dans des délais et à des coûts relativement accessibles. C'est une réelle difficulté pour tous les fabricants de panneaux solaires dont EDF fait partie puisqu'une de nos filiales en réalise avec le groupe Total.

Il faut aller chercher d'autres solutions technologiques telles que le solaire en couches minces, plus simple à fabriquer, moins cher et qui n'est pas sans impact environnemental car il faut aussi manipuler certains produits.

Il faut travailler là-dessus et surtout réduire les coûts de leur fabrication. Certes, le rachat de l'électricité a été augmenté de nouveau -c'est bien pour développer la filière- mais il serait bien de diminuer ses coûts de production.

EDF rachète l'électricité d'origine photovoltaïque mais ce sont bien tous les clients, pas seulement ceux d'EDF mais aussi ceux de ses concurrents, qui la paient. Le surcoût de production est intégré dans les charges de service public de l'électricité.

EDF n'a ni intérêt ni inconvénient à développer le solaire, pas plus que les autres. Nous sommes tous confrontés au même problème : le surcoût du solaire pour l'ensemble des clients de tous les fournisseurs d'énergie qui le paient.

*Fin de la table ronde à 15 h 15.*



## DEUXIEME TABLE RONDE :

### QUELS USAGES DE L'ENERGIE POUR LA FRANCE EN 2030 ?

#### Participent :

- M. Jean-Yves CHAPUIS, Vice-président de la Communauté d'agglomération Rennes-Métropole
- M. André DOUAUD, Directeur technique du CCFA
- M. Alain MAUGARD, Président du CSTB
- M. François MOISAN, Directeur général de l'ADEME

**M. Claude SAUNIER** - Je vous félicite pour votre assiduité. J'espère que ceux qui sont là depuis ce matin ne trouvent pas le temps long. Ces débats sont très passionnants.

La table ronde précédente, animée par Pierre LAFFITTE, a posé la question de la production d'énergie et de l'électricité en particulier. Apparaît l'aspect du temps auquel j'apporte un premier élément de réponse : le gisement d'électricité et d'énergie est ce que l'on ne consomme pas.

Donc quelles énergies pour la France ? Quels usages ? Quelle source d'économie d'énergie ?

Pour répondre à cette question cinq intervenants :

- Jean-Yves CHAPUIS, Vice-président de la Communauté d'agglomération Rennes-Métropole. Elle mène depuis plusieurs années des expériences intéressantes dans le domaine de l'économie d'énergie au niveau urbain. M. CHAPUIS nous dira comment.

- André DOUAUD, Directeur technique du centre commun des fabricants d'automobiles nous fera rêver sur des voitures qui produisent du pétrole.

- Alain MAUGARD, lui, nous fera rêver sur les bâtiments produisant de l'électricité.

- François MOISAN, Directeur scientifique de l'ADEME, nous dira comment cette agence peut prendre place dans des dispositifs pour mobiliser l'ensemble des partenaires.

**M. Jean-Yves CHAPUIS** - Je vais parler de l'urbanisme et non du logement. Comment, dans le débat engagé, peut-il prendre toute sa part dans le développement durable et les économies d'énergie ?

Je préfère parler de développement « désirable ». Il est important pour nos concitoyens que la mutation culturelle devant laquelle on se trouve donne envie et ne soit pas vécue comme une rétrogradation par rapport au monde et à la manière dont on vit aujourd'hui. Il me semble que la ville a certaines réponses à donner sur le thème de ce colloque.

Tout d'abord, cette dernière est en évolution très importante. On est passé de la ville compacte historique à celle de territoire, d'archipel. Dans cette évolution, trois éléments fondamentaux doivent être développés. Il n'y a plus de dichotomie entre le rural et l'urbain, c'est-à-dire que le rural appartient au milieu urbain. Pour les pays nordiques cela paraît banal, pas pour la France.

Quand on dit que la campagne appartient au paysage urbain, les conséquences sont multiples. Cela signifie que la campagne rurale est un plein et non un vide. On a l'habitude de dire que le plein est l'habitat et le vide le milieu rural. Le plein joue un rôle économique essentiel. Dans cette ville-archipel, quand la campagne appartient au paysage urbain, l'agriculture périurbaine appartient à cette ville-archipel.

Or, on sait que ce sont les urbains qui sauveront cette agriculture périurbaine. Les agriculteurs, la plupart du temps, vendent à des promoteurs après avoir cessé leur activité. Il est nécessaire de conserver une agriculture périurbaine.

Quand on dit que la campagne appartient à la ville, cela permet de répondre à une question posée sur la mobilité ; demain d'autres formes de mobilité s'exerceront. C'est une intuition. Dès lors que les personnes auront des heures de liberté, elles ne prendront pas leur voiture pour faire 300 kilomètres mais devront trouver dans cette ville-archipel, dans ce mélange urbain-rural, des liaisons vertes, des moyens de se distraire, de se ressourcer et ce sans utiliser leur voiture, d'où une forme de mobilité, de mode doux.

La mobilité s'inscrit dans la ville-archipel. C'est un élément fondamental. On fait aujourd'hui en moyenne 50 kilomètres par jour, contre 2 au siècle précédent. Si les villes étaient denses autrefois, c'est que les personnes n'étaient pas mobiles. Cette mobilité ne doit pas être attaquée de front. Depuis très longtemps, l'État demande de lutter contre l'étalement urbain.

Une anecdote : un chercheur réunissait les directeurs des agences d'urbanisme de France. Tous qualifiaient l'étalement urbain de scandaleux. Le chercheur leur a demandé où ils habitaient, tous dans l'étalement urbain... Chaque fois que j'ai vu un haut fonctionnaire de l'État « venir en province » comme ils disent, il recherchait un logement dans l'étalement urbain.

Il y a étalement urbain parce qu'il y a mobilité. A Rennes, la halte ferroviaire, construite au nord de la ville pour le personnel de l'hôpital, a créé de l'étalement urbain. Vous n'êtes pas obligé de venir au centre de la ville en train mais pouvez vous arrêter au nord, cela donne envie d'habiter plus loin. Comment éviter cet étalement ? L'aborder d'une façon plus subtile en réfléchissant aux nouvelles formules urbaines. Ce que nous tentons de faire sur Rennes-Métropole.

Il s'agit de prendre le problème de façon non pas technique mais à partir des modes de vie. Quels sont-ils ? Les 2/3 des ménages sont composés d'une ou de deux personnes. La famille classique, parents avec un enfant, deux ou trois, ne s'élève plus qu'à 30 %. C'est un point très important.

Par ailleurs, l'allongement de la durée de vie entraîne une augmentation du nombre de personnes âgées dans les logements. Si on veut qu'elles puissent les conserver, ces personnes devront habiter dans des centres de bourg, avec des opérations plus centralisées et des services de proximité.

Je pense à une commune, Servon-sur-Vilaine, à 40 kilomètres de Rennes, dont la maire s'est rendu compte que les commerçants du centre bourg n'avaient plus assez de clientèle, que les jeunes primo-accédants ne pouvaient se loger et que des personnes d'un certain âge en avaient assez de devoir utiliser leur voiture pour aller acheter leur pain. Elle a opéré une

mutation urbaine en organisant des opérations, pour redensifier son centre-ville, qui lui redonnent une identité.

Par le biais de cette évolution des modes de vie, se crée une remarquable occasion d'organiser une mutation urbaine non négligeable.

Quand je dis qu'une ou deux personnes représentent 70 % des ménages, cela signifie que les maisons individuelles ne doivent pas mesurer 150 m<sup>2</sup> en moyenne mais qu'il faut concevoir des habitations de 60 ou 80 m<sup>2</sup>.

Nous avons réduit les terrains pour les maisons individuelles à 350 m<sup>2</sup>. Quand on a lancé l'idée dans l'agglomération, que n'avons-nous pas entendu ! « C'est scandaleux ! Comment vivre sur 350 m<sup>2</sup> ? » Pourquoi ? Parce que, en même temps, il faut montrer des formes urbaines qui préservent l'intimité. Nos concitoyens nous disent que si leur intimité est préservée, le souci de la densité ne se pose plus.

Si on démontre par rapport à cette évolution des ménages que deux jeunes qui s'installent n'ont pas nécessairement envie d'avoir une grande maison, ne sachant s'ils resteront ensemble ni quels seront leurs métiers, on s'aperçoit que les personnes sont prêtes à faire ces mutations.

Les Français portent leur choix sur la maison individuelle parce que la partie « rangement » représente 30 % des mètres carrés contre 7 % dans un appartement. Il faut donc travailler avec les architectes et les promoteurs pour que le rangement soit plus grand dans les appartements.

Nous avons travaillé à partir de la modification des modes de vie que nous avons relevés. J'ai mis en place des conférences d'experts pour les élus de Rennes-Métropole, le Pays de Rennes et les services. Nous sommes en train de rédiger un cahier des charges auprès des promoteurs et des architectes pour tenir compte de ces évolutions. Il ne sert à rien de faire l'analyse et de continuer à faire des opérations classiques. C'est le plus difficile, c'est la raison pour laquelle je ne parlerai pas du logement, autre débat.

La filière du bâtiment est totalement et culturellement obsolète. En France, on fait encore des isolations thermiques par l'intérieur et non par l'extérieur, c'est dramatique. Nous devons mener un combat difficile.

Les PLH constituent une bonne occasion. Nous mettons 50 M€ dans notre plan local de l'habitat sur la région rennaise, nous avons le droit d'intervenir. Nous en arrivons au droit d'ingérence en tant que responsables publics pour regarder ce qui se passe. Les contrats des architectes sont passés avec les promoteurs, on vend des charges foncières. Il y a des négociations à mener pour que tous ceux qui participent à la construction de la ville puissent partager ce qu'ils ont en commun.

Nous avons lancé une opération, « 10 maires, 10 projets, 10 architectures, 10 promoteurs » essayant de traiter des logements plus grands dans la conception des pièces mais qui correspondent à une offre urbaine diversifiée, à une économie en charge -l'objectif serait d'arriver à des maisons sans chauffage- et essayer d'avoir des matériaux et une architecture plus adaptés. Tout ce travail se met en place. Il est souvent difficile, en raison de la réaction de nos concitoyens. La presse en la matière ne nous aide pas beaucoup.

Le fameux débat de la densité est faux. La densité est toujours ressentie mais n'est pas objective. Quand on dit que les quartiers les plus denses sont ceux des logements individuels et que les grands ensembles le sont moins, les gens sont étonnés. Pourquoi ? Ne nous cachons pas, quand les gens critiquent la densité ce n'est pas elle qu'ils critiquent mais le fait que, à travers

cette politique de logement, il y ait des logements sociaux et des étrangers. Comme cela ne se dit pas, que l'on est dans un pays de tradition chrétienne, on affirme que la densité n'est pas bien, tout comme le béton. Ce n'est pas lui. Les espaces verts empêchent de vivre avec les autres.

Il faut faire attention à cela. C'est pourquoi nous avons réussi à ce que notre PLH soit voté à l'unanimité car nous ne sommes pas partis sur un débat idéologique mais en disant qu'il faut loger les femmes de ménage, les caissières de grands magasins, les policiers, les infirmières. A la limite, plus on est riche, plus on a besoin des autres. Nous avons essayé de faire comprendre cela et de dire qu'une mutation culturelle est nécessaire, mais elle doit être positive et vécue comme telle.

On ne critique la voiture que quand on en a une. Soyons vigilants à cet aspect, nous sommes tous des privilégiés et pouvons réfléchir à l'évolution du monde.

Prêtons attention quand nous sommes responsables par rapport à nos concitoyens.

Cette ville-archipel est importante. Trop souvent, les élus ne réfléchissent pas à la conception de la ville et passent à l'opérationnel : « Je prends un bon concepteur ». Non, il faut réfléchir à la ville qu'on veut.

Dans le projet urbain de Rennes, réalisé à la demande d'Edmond Hervé, ce ne sont pas les concepteurs qui en sont à l'origine, ils n'ont fait que le formaliser.

Le responsable public, avec son équipe, se charge de la maîtrise d'ouvrage urbaine, fondamentale. Le débat avec nos concitoyens doit se situer là. Quand on nous dit qu'il y a trop de logements sociaux, voyez les critiques à l'encontre de la loi SRU, remise en cause sur les 20 %, qu'est-ce qui est important ? Pas seulement les 20 %, mais que tout le monde trouve un logement, les riches aussi, ceux qui sont modestes, les couches moyennes.

Dans cette conception de la ville, il faut redéfinir le fait de vivre ensemble.

Je termine en disant que je ne suis pas contre la mixité sociale mais elle n'est pas que spatiale, elle est aussi temporelle.

Il est fondamental que chacun d'entre nous ait accès à la santé, à la culture et à l'éducation. Que l'on ait envie, dans un espace, de se retrouver avec ceux qui nous ressemblent n'est pas dramatique. Nous qui parlons toujours de mixité sociale vivons tous dans des quartiers qui ne sont pas mixtes socialement. On montre toujours du doigt les quartiers d'habitats sociaux qui le sont plus.

Faisons attention, autour de cette table, à faire preuve de suffisamment de modestie pour dire que ces sujets sont compliqués.

Dans le débat sur la ville, par rapport à tout ce que vous faites, il est très important de le concevoir autrement.

En termes de mobilité, il y a souvent confusion avec la vitesse. On croit qu'aller plus vite, c'est être mobile. Des villes telles que Grenoble essaient de mettre en place des « autoroutes apaisées », en instaurant des couloirs de bus sur les roades ou les axes importants. Il faudrait que nous le fassions tous.

Dans notre agglomération, la ville de Morlaix est à 15 kilomètres de Rennes. On va plus vite en voiture qu'en transports en commun. Cela n'incite pas les utiliser. Si on n'arrive

pas à instaurer ces couloirs de bus, à réduire la vitesse, qui n'est pas la mobilité, on ne parviendra pas à une meilleure diffusion de ces déplacements.

Je suis vraiment rapide mais je pense qu'une réflexion sur la ville est nécessaire. Avec Alain MAUGARD, nous avons l'occasion d'en parler. Il faut forcer à cette réflexion à partir des modes de vie qui évoluent très vite et qui doivent nous aider à changer.

**M. Claude SAUNIER** - A l'intérieur de la ville-archipel, la circulation avec les automobiles, Monsieur DOUAUD.

**M. André DOUAUD** - Je vais vous parler de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub> du transport. L'automobile représente un marché de 60 à 66 millions de véhicules par an dans le monde.

Parmi les grands pays constructeurs d'automobiles, on voit que la Chine a atteint le quatrième rang derrière l'Allemagne. Il est à peu près certain que cette année la Chine passera devant.

L'explosion du marché automobile n'a pu avoir lieu dans les pays saturés, États-Unis et Europe, mais dans les pays émergents.

Quelle est la place des constructeurs français ? Ceux-ci produisent dans le monde 6 millions de véhicules. Si on intègre NISSAN au groupe RENAULT, on passe à 9 millions, soit 15 % de la production mondiale.

Il est clair que l'industrie automobile française n'est ni hexagonale ni franco-française, mais mondiale. Je rappelle simplement que la part des constructeurs français sur le marché national est inférieure à 1 million sur 6 millions de production.

L'automobile, qu'on le veuille ou non, est massive et mondiale. Les grandes évolutions ne se passent pas en Europe aujourd'hui. Quand on veut traiter la question de la baisse de la consommation d'énergie et d'émissions de CO<sub>2</sub>, on parlera en dizaines, en centaines de millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. Par conséquent, toute solution qui ne peut être massivement diffusée n'aura pas d'impact. Il faut avoir présent à l'esprit ce genre de question.

Bien entendu, pour accomplir des progrès, il faut avoir -mot magique aujourd'hui- une « approche intégrée », donc intégrer la France dans l'Europe. Aucun règlement, aucune disposition dans ce domaine ne se fera au niveau national mais au minimum européen, pour être efficace, voire au niveau mondial.

Ensuite, si on regarde les angles d'attaque pour baisser la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub>, il y a le volet véhicules, c'est-à-dire comment améliorer le rendement du véhicule pour que, par kilomètre, il requière moins d'énergie. Comment recourir à des carburants qui contiendront moins de carbone fossile ?

Si une automobile consomme dans les bouchons urbains plus de 10 litres aux 100 kilomètres alors que, à la même vitesse moyenne, elle ne consomme que 4 litres sur route, il faut s'interroger sur l'aménagement de l'espace urbain pour que ce ne soit pas un facteur multiplicateur de la consommation.



Enfin, la voiture particulière entre les mains des citoyens nécessite que ceux-ci soient éduqués. Il faut les aider aux meilleures pratiques en usage. Chaque fois que le véhicule n'est absolument pas nécessaire, je prends l'exemple de la baguette de pain, autant ne pas l'utiliser. Quand on s'en sert, de bonnes pratiques permettent de moins consommer, éventuellement avec des aides électroniques, le domaine se développe très fort.

La situation d'aujourd'hui est forcément le point de départ. Depuis 2000, la consommation de carburant du transport en France est stable, voire en diminution pour diverses raisons :

- le marché de l'automobile remplace des véhicules anciens, gros consommateurs, par d'autres, modernes, moins consommateurs ;
- la limitation de la vitesse sur autoroute (radars) a un effet significatif ;
- le prix actuel du carburant incite à un comportement responsable du citoyen.

Sur le marché automobile français, sur ces cinq dernières années on constate une croissance de l'ordre de 500 000 véhicules bas émetteurs de CO<sub>2</sub> avec un gaz inférieur à moins de 140 grammes. Inversement, le marché des véhicules gros émetteurs en a perdu autant, d'où un shift des véhicules gros émetteurs de CO<sub>2</sub> vers les véhicules bas consommateurs. Le marché français est d'environ 2 millions.

Cette réalité est en partie due au très fort taux de diesélisation du parc automobile français et au fait que les diesels vont des gros véhicules vers les petits, donc l'effet est double, gamme rendement et motorisation à faible puissance.

Le marché automobile français aujourd'hui, d'après les chiffres de l'ADEME, a émis pour l'année 2005 153 grammes de CO<sub>2</sub> par kilomètre en moyenne sur le marché. Ce chiffre est à comparer aux 250 grammes en moyenne du marché américain.

Il y a beaucoup de perspectives de progrès en matière de technologie carburant et moteur.

Concernant les carburants, les classiques, essence et gasoil, ont atteint un niveau d'excellence. Ce sont presque des produits pharmaceutiques. Une reformulation aura peu d'impact, tout le carbone étant d'origine fossile.

En revanche, on voit émerger du carburant de synthèse produit à partir du gaz naturel. Un pétrolier international commence à intégrer environ 10 % de ces carburants qui ont d'excellentes propriétés en termes de performances, plus d'hydrogène et moins de CO<sub>2</sub>.

Au-delà, existe la filière biocarburants. On m'a confié en 2000 la coordination d'un groupe de travail interministériel sur ce sujet. Nous avons rédigé un rapport disponible sur le site du MED. Je le résume de façon caricaturale : aujourd'hui, le coût des biocarburants de première génération se décompose entre l'éthanol et les esters d'huile végétale.

Ces filières agricoles et alimentaires ne peuvent prétendre à des taux de substitution de l'ordre de 20 ou 30 %. Cela donne lieu à conflit avec l'alimentaire. Il en a été question ce matin. De plus, les processus de fabrication ne rendent absolument pas les produits compétitifs et ont besoin de beaucoup d'aides fiscales pour aborder le marché.

En revanche, je crois que les biocarburants de deuxième génération génèrent plus d'espoir. Ils utilisent des procédés thermo-chimiques ou biochimiques pour faire des produits de

synthèse aux performances et efficacité plus importantes. Atteindre des taux de l'ordre de 10 à 20 % de substitution au carburant transport n'est pas unimaginable à l'horizon 2020 ou 2030.

Le carbone des molécules de ces carburants vient de l'atmosphère, d'où un atout considérable sur le CO<sub>2</sub> et une alternative au « tout pétrole » des transports.

Il y a évidemment la filière gaz naturel mais ce dernier est moins adapté pour le transport que les carburants liquides et les filières électrique et hydrogène.

J'ai décliné cela par ordre de vision. Le monde de l'automobile s'interroge sur l'avenir de l'hydrogène dans les transports. L'hydrogène sera-t-il la solution unique et universelle à l'horizon 2050 et au-delà ? Rien n'est moins sûr. Son utilisation dans un véhicule pose plus de problèmes de production, de distribution et de stockage que de motorisation, piles à combustibles ou moteurs thermiques. Nous sommes face à des butoirs décrits par les lois de la physique et de la chimie. Prétendre contourner ces lois peut être dangereux pour des applications massives et à bas coût.

Voilà le spectre des carburants qui permet de sortir du tout pétrole, de la crise de l'énergie et des questions de CO<sub>2</sub>.

Si on regarde les motorisations, l'Europe a choisi le diesel depuis longtemps, d'autant qu'il devient propre avec les filtres à particules qui se généralisent, plus de 1,5 million de véhicules équipés en Europe. Cette solution pourrait se généraliser aux États-Unis et en Extrême-Orient.

Le moteur à essence n'a pas fait sa révolution. Il la fera peut-être. Attendons l'injection directe très optimisée pour que le moteur à essence atteigne le même rendement que le moteur diesel. Au plan thermodynamique, rien n'interdit au moteur à essence d'atteindre le même rendement mais il faut trouver la solution à grande échelle.

L'hybridation est totalement inefficace lorsque le véhicule est sur route ou autoroute. Son efficacité est d'autant plus grande que la circulation est congestionnée. Au mal de la congestion urbaine ou périurbaine, on répond par une technologie très coûteuse, l'hybridation. Est-ce la bonne solution ? La question est ouverte. Ne faudrait-il pas mieux commencer à traiter les problèmes de congestion urbaine ?

Tous les véhicules hybrides ne fonctionnent qu'avec une seule énergie, de l'essence ou du gasoil. Il n'y a pas de prise de courant tout simplement parce que le stockage en grande quantité d'électricité à bord d'un véhicule coûte horriblement cher en batterie. On n'a pas trouvé de solution. Donc, au surcoût de l'hybridation s'ajouterait celui d'une batterie en grande capacité, sur laquelle tout le monde travaille.

Une autre hybridation, le « fuel flexible vehicle », fonctionne avec n'importe quel mélange essence/gasoil. Il est largement répandu au Brésil mais ce n'est pas pour autant que c'est la bonne solution, en Europe en particulier.

De grands progrès sont à attendre de nouveaux procédés de combustion : ni essence, ni gasoil, ni allumage commandé, ni par compression, et tout le monde y travaille.

Voilà ce que l'on peut dire. Les constructeurs automobiles ainsi que les producteurs d'énergie, les grands groupes, travaillent activement sur toutes les filières, et j'aurais tendance à dire intelligemment.

Pour certaines filières, il s'agit de réaliser des démonstrateurs, c'est-à-dire créer un véhicule prototype qui anticipe de quatre ou cinq ans une production de grande série de façon à

voir comment l'intégration du véhicule et le coût de cette production sont raisonnables et possibles.

Pour d'autres technologies, les constructeurs sont seulement partenaires de programmes de recherche de base pour résoudre les points durs et souhaitent avoir une aide massive de la part des États. Il n'appartient pas forcément au monde industriel de mener la recherche de base. Je pense aux points durs s'agissant de l'hydrogène.

Je termine par les questions de solidarité mondiale. Les émissions de CO<sub>2</sub> des États-Unis s'élèvent à 5,7 milliards de tonnes par an, les émissions du transport en France à 700 millions de tonnes. Si on compare les deux chiffres, une forme de solidarité mondiale, bonne pour l'économie française, consisterait à exporter les technologies dans lesquelles nous excellons, le nucléaire en particulier. Nous n'en sommes pas là, mais au diesel propre.

Ainsi, un rapide calcul montre que si le parc américain était diésélisé à 30 %, l'économie de CO<sub>2</sub> du transport des États-Unis s'élèverait à 130 millions de tonnes.

Le choix est le suivant : complètement arrêter le trafic routier en France, grâce auquel on gagne 130 millions de tonnes ou, plus positif, la généralisation, par les constructeurs automobiles français, des meilleures technologies à l'ensemble de leur marché.

**M. Claude SAUNIER** - Des perspectives côté automobile, de nouvelles du côté des maisons, Monsieur MAUGARD ?

**M. Alain MAUGARD** - Tout est huilé, on passe les uns derrière les autres. Je l'ai dit à nos sénateurs, je procéderaï différemment...

Je suis très mécontent. Pourquoi ? Vous direz que cela n'a aucune importance. Regardez comment est organisé l'après-midi : se pose un problème de production d'énergie et maintenant on nous parle des usages de l'énergie. Pourquoi ne pas avoir inversé les deux tables rondes ? La question est essentielle. Pour quelle raison continuer à raisonner comme si la production d'énergie était une donnée et son usage une conséquence de la production ? Ou je n'ai rien compris au développement, mais je pense que l'on a d'abord parlé usage et ensuite on s'est penché sur la production permettant ces usages.

Je demande à nos politiques de comprendre que c'est dans cet ordre qu'il faut poser les problèmes. Ce n'est pas parce que vous vous en sortez, Monsieur SAUNIER, par une belle formule en disant que « la meilleure des productions est l'économie »... c'est facétieux ! La meilleure des questions est d'abord celle de l'usage. On verra ensuite combien produire pour l'usage.

Cela ressemble à l'idée suivante : on nous drogue et on nous dit de nous débrouiller pour être moins drogués. La vraie question est : comment se dédroguer ? Le sujet est essentiel. Cela change tout.

**M. Claude SAUNIER** - C'est très sérieusement que, dans les propositions que nous soumettrons tout à l'heure, est exposée, sous une forme alternative, une autre vision du développement en inversant la situation.

**M. Alain MAUGARD** - C'est bien, mais on a commencé à dérouler à l'inverse.

A propos de l'usage, il faut s'interroger : avons-nous besoin d'énergie ? Je vous rassure, le colloque a un sens. Oui, nous en avons besoin.

Il faut y réfléchir, vous avez mis dans l'ordre ville, transport, mobilité, habitat et bâtiment. On a développé une civilisation essentiellement urbaine sans contrainte énergétique. L'énergie était à vau-l'eau. Des producteurs d'énergie disaient : « On vous doit l'énergie ». C'est extraordinaire ! Ai-je besoin de l'électricité ? Il faut me poser la question !

On va discuter de ce dont on a besoin. Le problème est tout à fait essentiel. Vous allez me dire : on se heurte aux modes de vie. C'est intéressant, vous avez raison. Une fois qu'on s'est habitué à un mode il est difficile d'en changer, tout comme d'une morale.

On a installé un mode de vie sans contrainte énergétique. Vous vous êtes habitués. De la même façon qu'on peut sur certains sujets vous instaurer dans un mode de vie sans morale ou sans forme de morale, dont se déshabituer est difficile.

La question du futur est : est-on capable de s'organiser en civilisation urbaine en étant moins consommateur d'énergie ? Je ne dis pas sans énergie, mais moins. Je ne sais pas si c'est facile, mais cela paraît être la question politique essentielle. Comment s'organiser ?

Je suis d'accord sur le fait que supprimer la mobilité revient à retirer une forme de liberté. Ce sera donc une des notions les plus difficiles à modifier. Si vous ne pouvez plus vous déplacer, cela ressemble étrangement à des régimes totalitaires dans lesquels on ne se déplaçait pas. A ceux qui disent qu'il n'y a qu'à interdire la mobilité, je réponds que ce n'est pas jouable.

Un autre exemple : quand on achète et mange des raisins de l'hémisphère Sud transportés par avion ou des haricots verts du Kenya, moi le premier, pensez-vous que ce soit un grand recul de l'humanité que de rappeler qu'il est plutôt sympathique de consommer les légumes et les fruits de son hémisphère ? Cela serait-il un si grand recul ? Je ne le crois pas.

Je ne suis pas certain que ce soit la conquête d'une forme de liberté que de manger n'importe quoi à n'importe quel moment de l'année.

Je crois qu'il y a des éléments de transport logistique alimentaire sur lesquels agir. Si on disait qu'il n'est pas raisonnable de manger les haricots verts du Kenya ou des fruits ou des légumes de l'autre hémisphère alors que ce n'est pas la saison, je ne suis pas sûr que l'on penserait que c'est régressif. Mais interdire à la population de se déplacer et d'avoir accès à la maison individuelle, je me permets de dire que c'est régressif et que nous allons au-delà du problème. Je demande qu'il soit fait preuve de doigté dans les indications de modification de mode de vie.

Le mode alimentaire, etc., n'est pas une donnée de départ, ce n'est que la résultante d'une facilité énergétique. La question fondamentale est de savoir comment continuer sur une civilisation urbaine ? On la gardera, mais comment faire en sorte qu'elle soit sevrée de l'énergie ?

Il ne faut pas laisser aux drogueurs le droit de venir nous droguer. Je le dis simplement, il faut en parler.

Maintenant, parlons de nos possibilités et de nos potentiels. Je vais parler du bâtiment. C'est certainement le secteur qui se prête le mieux à cette transformation fondamentale. Nous pouvons nous situer dans une perspective de consommation d'énergie moindre tout en gardant les mêmes ambitions de confort. Ce doit être possible à des prix qui ne sont pas déraisonnables.

Le surcoût est moindre que la hausse des prix du logement en région parisienne constatée depuis cinq ans. Tout le bâtiment a pris 1 000 € du mètre carré de plus que l'on a mis en totalité dans le foncier. Pour cette somme, je divise par 4 la consommation énergétique des bâtiments existants et réalise des bâtiments neufs à énergie zéro, voire même positive. On pouvait se le payer ! Que l'on ne dise pas que c'était hors de prix !

Si on crée beaucoup de ces bâtiments, on le fera à moindre coût.

C'est cependant insuffisant. Dans le secteur du bâtiment, on peut être producteur d'énergie. C'est beaucoup plus révolutionnaire qu'on veut le croire. A l'heure actuelle, le système est relativement primaire. Des gens fabriquent l'énergie et nous en sommes tous des consommateurs. Chacun son travail. Il y a des producteurs qui réalisent des économies d'échelle. La production d'énergie à grande échelle est le système le plus efficace et nous sommes des consommateurs. On nous dit : « Soyez raisonnables, consommez moins ! » On s'aperçoit qu'on peut vendre du service, même les vendeurs d'énergie commencent à penser qu'il est possible d'économiser l'énergie.

Il n'empêche que nous sommes dans un rapport de consommateurs. Si vous êtes un mini producteur d'énergie, juste de quoi fabriquer la chaleur et l'électricité nécessaires à votre propre consommation, vous vous êtes débrouillés pour moins consommer ; vous pouvez produire autant, voire plus que votre consommation. Si vous devenez un producteur qui produit suffisamment pour sa consommation, cela change de nombreux paramètres. Vous ne gaspillez pas le bien que vous avez produit. Quand vous avez vous-même fait pousser vos tomates, fraises et cueilli vos fruits, vous ne les laissez pas pourrir dans le réfrigérateur. Si vous vous rendez au supermarché acheter des fruits qui viennent de l'hémisphère Sud pour vous apercevoir à votre retour que vous en aviez que vous n'avez pas consommés, c'est parce que

vous ne les aviez pas produits. Vous étiez seulement un acheteur. Si vous les aviez produits, vous n'auriez pas eu la même attitude à la consommation.

Vous direz que c'est régressif, c'est un retour au monde rural avec des circuits courts. Et alors ?! Cela peut être intéressant. C'est peut-être à votre portée parce que vous le maîtrisez. Pensez que la société moderne a fait de nous, et en permanence, des êtres qui ne maîtrisent pas l'ensemble du circuit de production/consommation.

On peut entendre des associations de consommateurs râler contre les producteurs, contre la distribution, mais regardez, on nous a infantilisés.

La seconde conséquence de la production est un retour à des formes de responsabilité.

Mon intervention était longue, je vous prie de m'en excuser. Je le fais avec d'autant plus de conviction que je pense que ce n'est pas une partie négligeable du problème. S'il s'agissait de s'exciter et de faire « un numéro » pour ce qui pèsent 10 ou 8 % du problème, on peut toujours laisser quelques artistes s'exprimer sur le sujet, mais il s'agit d'une part non négligeable de la question de l'effet de serre, de la voracité en énergie consommée. Je pense donc qu'on devrait y regarder de plus près.

Tout le monde sait ici que la question de la civilisation urbaine explique les 2/3 de l'effet de serre et les 3/4 de la consommation des marchés. Cela ne me paraît pas neutre. Il me semble que nous mériterions de le traiter de façon plus révolutionnaire. Cela vaut le coup de travailler dans le sens inverse.

**M. Claude SAUNIER** - C'est un appel au volontarisme. Monsieur MOISAN ?

**M. François MOISAN** - Je crois que M. MAUGARD a planté le décor du contexte dans lequel je voulais situer mon intervention, à savoir partir des usages, c'est d'ailleurs le titre de la session.

Je veux me concentrer sur deux d'entre eux, les usages privés de l'énergie dans le logement et la voiture. Cela viendra en déclinaison de ce qu'ont dit MM. DOUAUD et MAUGARD et permettra de s'interroger quant à leurs réponses d'un point de vue technologique et d'organisation de la société, sur comment cela répond aux enjeux du changement climatique et de l'énergie et comment l'ADEME voit la place de la recherche par rapport aux besoins se manifestant.

Concernant les usages résidentiels, ce qui a été dit lors la table ronde précédente et ce qu'a dit Alain MAUGARD va permettre d'aller vite : en 2030 on sait disposer de logements dont une grande part est d'ores et déjà construite, par contre pour le neuf on sait être capable d'ériger des bâtiments de moins en moins consommateurs.

Pour vous donner un ordre de grandeur, de 100 KWH par mètre carré par an en moyenne dans la réglementation thermique actuelle, on sait pouvoir arriver à des consommations dans le neuf en 2030 de 50 KWH, et encore moins, éventuellement, par la suite. Pour autant, cette échéance suppose que toutes les technologies soient mobilisées et adoptées par l'ensemble des acteurs

Se pose le problème du logement existant nécessitant d'être réhabilité. Un petit calcul montre que sur 40 ans, si on voulait réhabiliter l'ensemble des logements anciens, à un rythme de 400 000 logements par an, le coût représenterait de 400 à 800 Mds€ par an d'ici 2050, soit 20 Mds€ par an.

C'est considérable, mais Alain MAUGARD a mis en référence le coût de la réhabilitation des logements par rapport à la hausse des coûts du foncier et du logement.

Une autre façon d'appréhender la situation est que cela représente en rythme, sur 40 ans, par rapport au nombre de ménages concernés, deux berlins. Cela remet à sa juste place, peut-être au travers d'une transformation des valeurs, les enjeux d'investissement sur des bâtiments performants.

Pour y arriver, on sait que des technologies seront mises au point dans les laboratoires. Un effort de recherche est nécessaire et se poursuit dans ce que l'on appelle les briques technologiques conduites dans le cadre du PREBAT pour améliorer ces techniques.

Il est surtout intéressant, du point de vue de l'ADEME, et je crois qu'Alain MAUGARD le partage, de montrer qu'elles existent et peuvent être appropriées et que peuvent être mis en place des démonstrateurs de recherche plutôt que des opérations de démonstration qui sous-entendent une absence de recherche.

Il y a un effet démonstratif de validation des technologies, de retour vers les laboratoires, important, et qui doit s'accompagner de la formation des professionnels. C'est un des axes sur lesquels l'ADEME se focalise en matière de recherche et de développement dans le PREBAT.

Il n'y a pas que la recherche. Je voudrais vous montrer qu'il faut toujours articuler les opérations de recherche avec la pénétration des marchés et voir comment ces technologies peuvent satisfaire les utilisateurs.

En matière de réglementation thermique dans le neuf, l'information des usagers est essentielle pour qu'ils comprennent les technologies. Des dispositifs récents ont été développés : les certificats de performance énergétique entrent en vigueur la semaine prochaine, l'étiquetage des logements, les espaces info énergie conseillant les utilisateurs, un grand chantier pour réhabiliter l'ancien logement, des incitations fiscales et des mécanismes bancaires adaptés et spécifiques dans le logement, le bureau. C'est la plus grosse croissance.

Les scénarios tendanciels montrent que pour 58 térawatts consommés en 2002, on pourrait en 2030 passer à 130, soit une croissance de plus de 80 %.

Dans différents postes (l'éclairage, le froid, le lavage), on sait avoir des potentiels de réduction des consommations avec les technologies existantes. Des progrès énormes ont été accomplis, une transformation du marché grâce à l'étiquette et, *in fine*, à l'action des producteurs de ces équipements, avec des baisses qui peuvent se produire et que l'on peut améliorer.

En revanche, la croissance est très forte pour la consommation des produits bruns (électronique, TV, hi-fi et divers petits appareillages comme les chargeurs pour portables). Là, la difficulté est beaucoup plus grande.

Les modes d'intervention des pouvoirs publics se basent sur le fait que l'on peut avoir une réduction très forte des consommations des appareils de froid, de lavage et d'éclairage. On peut gagner 35 térawatts avec les technologies existantes par une simple rotation du marché. C'est faisable à l'horizon 2020 compte tenu de la durée de vie de ces appareils.

L'instrument des politiques consiste à développer l'étiquetage des appareils et la réglementation. Avec ce qui s'est passé sur les réfrigérateurs, une fois que le marché s'est transformé vers les appareils les plus performants on peut mettre en place les réglementations. De la recherche est menée sur les équipements électriques et électroniques.

Au niveau des petits appareils, la réglementation est plus difficile car ces appareils sont très nombreux et différents. Cela relève d'initiatives, d'accords volontaires au niveau international comme celle de « 1 watt pour les veilles ». Il y a aussi les certificats d'économie d'énergie qui pourront aider ces nouvelles technologies à pénétrer.

Enfin je cite, au niveau de la recherche, un axe important sur les réseaux intelligents du futur combinant l'idée que nous serons des producteurs d'énergie. Donc nous allons vers des réseaux qui, au lieu d'acheminer l'énergie produite de façon centralisée, en mutualiseront les sources.

S'agissant des usages, cela permettra, avec les nouvelles technologies de l'information, d'optimiser les consommations de tous les appareils de la maison.

Dernier exemple que je voulais vous donner sur les déplacements, ceux des personnes, de deux types : ceux urbains et interurbains. Ils représentent en gros les mêmes masses de consommation d'énergie, 11 millions de TEP en 2000, avec une tendance à une faible croissance pour les déplacements urbains et des gains possibles. Comme vous le voyez, à l'horizon 2030, ils sont plus importants sur le transfert modal de ce que l'on peut gagner que sur la technologie, même si, comme l'a dit M. DOUAUD, des gains importants peuvent être opérés.

Concernant les déplacements interurbains, la croissance est relativement plus forte et tirée par celle de l'aérien qui pose problème par rapport à la maîtrise des consommations.

Le gain attendu est quand même de 17 % sur la technologie avec les véhicules classiques, hybrides.

Quand on regarde dans la recherche ce qu'il convient de développer, il y a les aspects technologiques évoqués sur l'amélioration des véhicules existants et sur les nouvelles motorisations.

Je crois que, par rapport à ce point d'entrée dans les usages, le plus important est la recherche sur des outils de diagnostic, d'évaluation pour ce qui concerne le transport urbain, les collectivités territoriales et les entreprises afin qu'elles puissent organiser les déplacements avant de prendre en compte la modification de la ville à horizon plus lointain que 2030, même s'il faut commencer maintenant.

Au-delà de la recherche, les incitations financières et fiscales, les réglementations sur la vitesse, l'étiquette énergie -élément qui aide à faire pénétrer les technologies les plus performantes sur les appareils électroménagers- sont toutes récentes et leur impact sera plus important.

Enfin la diffusion des outils d'organisation, les plans de déplacement urbains, d'entreprise, les bilans carbone peuvent aider à engager des actions par rapport à ces enjeux.

En tant que directeur de la recherche à l'ADEME, je voudrais vous délivrer le message suivant : quand on parle de recherche dans le domaine de l'énergie face à ces enjeux, c'est avant tout une recherche sur les systèmes.

M. CHAPUIS évoquait l'action vis-à-vis de la ville, et comment il envisageait qu'elle puisse se transformer. Il faut résoudre les problèmes non par rapport à une énergie ou une technologie, mais déterminer quels sont les besoins et systèmes qui peuvent finalement répondre à ces nouveaux besoins.



L'urbanisme a été évoqué par rapport aux bâtiments, aux déplacements. L'aménagement et la sociologie sont des recherches à privilégier dans l'ensemble de ces domaines.

Autre message concernant les innovations : il faut les sortir des laboratoires, les présenter. C'est un concept important ; le rôle des démonstrateurs est de valider les technologies et de donner du sens à l'action. Il y a un effet de vitrine pour que les acteurs et le grand public sachent dans quelle direction on va.

Concernant le domaine spécifiquement technologique, nous l'avons évoqué sur la motorisation des véhicules, il n'existe pas encore d'option technologique stabilisée mais un éventail technique. Il faut admettre qu'on n'a pas la solution définitive sur le couple carburant/véhicule en 2030, par exemple. Avant il faut s'interroger : quels déplacements et quelle réponse à ces déplacements ?

**M. ELGHOZI**- A plusieurs reprises, au cours de cette journée, a été évoquée la notion de mobilité qui a un impact important sur la gestion et la maîtrise des rejets de gaz à effet de serre. J'y souscris.

Il me semble que les différences d'une grande ville à l'autre sont colossales en termes de maîtrise de cette mobilité, notamment dans les plans de circulation, de transports publics, de parkings facilitant l'utilisation de ces transports et même au niveau de leur coût individuel pour certaines catégories de population.

On peut même relever au niveau politique que de grandes communautés urbaines favorisent l'externalisation de tous les services de proximité qui permettent aux gens âgés de continuer de fréquenter leurs petits commerces au détriment de grandes surfaces, souvent en périphérie éloignée. La concomitance des plans de circulation compliqués accroît l'effet de pollution immédiat et les déplacements pour aller chercher ses victuailles loin du centre-ville.

Il me semble primordial également d'avoir une politique coordonnée non pas au niveau local et immédiat, mais vraiment global pour l'ensemble des villes, à la fois en termes de circulation mais aussi de politique vis-à-vis des sociétés alimentaires et des grands groupes afin de pouvoir agir directement sur l'item de la mobilité.

**M. Claude SAUNIER** - C'est bien notre proposition : une politique de la ville qu'il convient de refonder en fonction du critère de l'énergie.

**M. Jean-Claude MULLER** - Je travaille au CNRS et j'ai beaucoup apprécié l'intervention de M. MAUGARD et son idée de rendre le consommateur producteur d'énergie. C'est la meilleure façon de le responsabiliser pour qu'il économise l'énergie. Cela veut dire que s'il est producteur, ce ne sera pas sous n'importe quelle forme, donc en faveur des énergies renouvelables.

Ce qui est commun à l'habitat individuel ou collectif, c'est le toit. Donc vous êtes favorable au développement rapide des énergies solaires, thermiques et photovoltaïques ?

**M. Alain MAUGARD** - Je n'ai pas été suffisamment clair. Évidemment producteur d'énergie s'entend avec les énergies renouvelables. Il est clair que je pense au solaire thermique

et photovoltaïque, aux pompes à chaleur. On utilise aussi la géothermie. Il y a les échangeurs d'air dans le principe de récupérer le stockage naturel du sol, qui fait qu'en hiver il est plus chaud que l'air, et en été l'inverse.

M. SAUNIER a répondu, pour avoir été longtemps, et l'être toujours, urbaniste, que nous n'avons jamais organisé les villes en fonction d'une quelconque préoccupation de l'énergie. J'ai moi-même vécu des années entières au cours desquelles il n'en était pas question.

Nous ne pourrons changer notre vision de la ville immédiatement et dire qu'elle ne doit fonctionner que par rapport à la question énergétique. Il y a des beautés, du bonheur, des qualités de vie que nous ne pourrons résumer à la consommation d'énergie. Nous devons le comprendre.

Cependant, nous avons un retard en recherche et développement pour comprendre ne serait-ce que la question soulevée par le choix du système de logistique commerciale plus optimum par rapport à la question énergétique. Des grandes surfaces, des hypermarchés dans lesquels on se rend une fois par semaine en voiture ou bien du commerce de proximité ? Celui-ci doit être desservi. A ma connaissance, ce n'est pas clair.

Une autre question est posée, celle de la densité : on vous parle d'un tissu beaucoup plus dense, mais à quel degré de densité est-il plus efficace et plus optimisé du point de vue de la consommation d'énergie qu'un tissu très large ?

Si le tissu dense conduit à ce qu'une partie non négligeable de la population ait des maisons de campagne ou aille à l'étranger en avion alimenté au kérosène, cela devient très négatif par rapport aux occupants d'une maison individuelle et qui n'en bougent pas tous les week-ends.

Nous aurons à regarder cela. Je le ressens comme défricher un monde nouveau dans lequel chaque individu doit avoir des indicateurs de façon que nous soyons renseignés. Si nous pouvons avoir une sorte d'échelle de mesure soit en impact CO<sub>2</sub>, soit une empreinte écologique et que l'on puisse nous dire chaque fois que cela fait tant de points, ainsi on verrait. Si j'ai envie une fois dans ma vie de consommer du raisin d'Afrique du Sud, je sais que j'ai consommé un maximum de points, si j'économise le reste de l'année, pourquoi pas ? Mais que l'on me renseigne !

Je me sens déresponsabilisé, tout le progrès à faire est de donner des informations de ce type et de nous rendre responsables. On n'est pas idiot, on est capable de gérer sa vie et ses modes de vie, ses comportements, à condition d'être informé.

**M. François ANDRÉ** - A propos de l'autoproduction, un ami possède une turbine avec un alternateur et se trouvait donc indépendant. Pendant son absence, la turbine fonctionnait à vide. Ce qui est nul en matière d'efficacité énergétique.

Je l'ai poussé à se raccorder au réseau. Il ne voulait pas vendre son courant, ce n'était pas une question d'argent. La DGEMP a refusé qu'EDF ait du courant gratuit et on a dit à mon ami qu'il était devenu un producteur autonome et qu'il devait s'inscrire à la Chambre des métiers...

Quand on essaie d'être efficace énergétiquement et produire du courant gratuitement, on se moque de vous.

**M. Alain MAUGARD** - C'est un monde nouveau. A l'heure actuelle, rien n'est fait pour cela, sauf pour le photovoltaïque où on peut vendre l'électricité au réseau avec des augmentations de prix remarquables.

Entre le crédit d'impôts et les 0,55 € rémunérés, il n'est pas difficile d'intégrer du photovoltaïque sur un bâtiment et cela commence à être très intéressant.

Votre anecdote me prend de court. Je pensais qu'on pourrait vendre l'idée qu'un retraité investisse dans une maison qu'il « gorgerait » de photovoltaïque, les recettes réalisées seraient une sorte de retraite complémentaire. Ce n'est pas si idiot. Vous rendez-vous compte ?

**M. Pierre LAFFITTE** - On ne paie que 20 % du prix.

**M. Alain MAUGARD** - A ce moment-là, vous générez dans le pays des investissements individuels qui vont dans le sens du développement durable. C'est une idée intéressante.

Voyez en quoi on change la société : avant, vous étiez un vil consommateur qui commettait le péché originel d'émettre du CO<sub>2</sub>. Là, vous devenez producteur par les énergies renouvelables, cela rapporte de l'argent et vous avez la conscience tranquille ! C'est un changement, on recevrait une recette EDF et non une facture ! Quand je dis à mes enfants d'éteindre la lumière ils me rient au nez, mais là je pourrais argumenter : on a gagné de l'argent.

L'éducation est différente, un monde nouveau se construit. Il est politique.

**M. Claude SAUNIER** - C'est pourquoi nous posons ces questions maintenant car nous allons parler politique.

*Fin de la table ronde à 16 h 30.*



## PROPOSITIONS DES RAPPORTEURS :

### UNE CHANCE A SAISIR POUR LA FRANCE

M. Claude SAUNIER - Monsieur le Ministre, nous avons passé la journée autour des quatre tables rondes dont nous pouvons faire un peu le bilan.

#### *Projection.*

Globalement, nous avons, dans le rapport présenté et approuvé par l'Office parlementaire, posé un diagnostic en ce sens qu'il y a « alerte rouge » sur le climat et sur la transition énergétique.

Compte tenu des échéances, la science et la technologie sont au rendez-vous, certes, mais nécessitent quelques décennies pour répondre en particulier à la fois au rythme d'accroissement de la température de la planète et à la croissance des besoins en énergie.

Par conséquent, nous considérons que si on veut éviter « d'aller dans le mur », pour reprendre une expression beaucoup utilisée, il faut dès maintenant prendre certaines mesures. Ce sont elles que nous allons vous présenter et dont je souligne qu'elles ont été, encore une fois, approuvées par la totalité de nos collègues de l'Office parlementaire.

L'idée générale, à l'instant M. MAUGARD parlait de « défricher un monde nouveau », nous avons utilisé le concept de « nouvelles frontières ».

Par rapport au développement durable, nous considérons qu'il faut imaginer un autre modèle de développement à la fois respectueux de la planète, centré sur les besoins de l'humanité et qui apporte, en termes économiques, des ressources nouvelles de création d'emplois.

La première de ces mesures est de mieux connaître le changement climatique. Nous avons le sentiment qu'il y a des efforts à fournir. Des mesures classiques existent comme amplifier l'observation par satellite, créer une plate-forme mondiale, demande formulée par des chercheurs américains de Denver dont un des représentants est avec nous.

Pour bien maîtriser les évolutions de ce climat, avoir des capacités de calcul à la hauteur des enjeux ils proposent, et nous avec eux, une collaboration internationale avec la création de supercalculateurs mis en réseau pour répondre aux besoins de la communauté scientifique.

Un domaine où il y a carence est l'appréciation des coûts du changement climatique. Nous avons eu quelques témoignages, mais les sciences économiques pourraient apporter des réponses à ces questions.

**M. Pierre LAFFITTE** - Notre rapport est destiné essentiellement aux autorités françaises mais nous pensons que, de toute façon, il faudra intégrer le changement de climat dans les processus de mondialisation et, en particulier, réactiver Kyoto I et surtout préparer Kyoto II en essayant de faire en sorte que nos suggestions visent :

- à faire appliquer le plan climat français, la division par quatre des émissions de gaz à effet de serre en France ;

- à reconsidérer le processus actuel d'échange de CO<sub>2</sub> et les bases à partir desquelles il est évalué ;

- créer une taxe carbone en la proposant au monde et adapter surtout l'OMC au changement de climat, donc faire en sorte que ceux qui sont bons élèves ne soient pas défavorisés par rapport aux mauvais. Cela correspondrait à une distorsion des concurrences internationales.

**M. Claude SAUNIER** - Il sera nécessaire de prendre des mesures au niveau de la France, nous en parlerons. Il est évident que l'ampleur des enjeux nécessite une mobilisation européenne.

Notre analyse est la suivante : l'Europe est, pour les raisons que nous connaissons, en situation perçue comme de panne.

Il nous semble que la problématique du changement climatique et de l'énergie peut être une belle occasion pour l'Europe de mobiliser ses forces et de se retrouver dans un grand projet.

Nous avons un certain nombre de propositions comme :

- la création d'un label carbone européen applicable à l'ensemble de l'Union européenne,

- la réalisation d'infrastructures européennes de ferroutage car il est aberrant de voir des sortes de trains de camions et de semi-remorques partir de Copenhague et descendre jusqu'à Valence avec tous les effets de nuisance et d'abus de consommation de carburant que cela suppose. Un programme de cette nature Nord-Sud et Est-Ouest pourrait faire l'objet d'une mobilisation de l'Europe.

Nous préconisons cette action par une fiscalité européenne sur les transports internationaux, et en particulier kérosène et transport maritime à forts tonnages.

**M. Pierre LAFFITTE** - La suggestion est que la France soumette cette proposition. C'est à elle que nous nous adressons en essayant d'affirmer pour elle une transition énergétique.

Pour cela, il nous faudra trouver des formules avec une coordination des services d'État, une espèce de « Haut commissariat à la transition énergétique » qui essaierait, avec un « Haut conseil », d'élaborer un plan à 20 ans lisible pour l'industrie.

Celle-ci, si on veut faire une véritable transition climatique, a besoin d'un plan à long terme et en même temps de réviser les dispositifs législatifs et les différents codes (urbanisme, impôts, etc.). Et bien entendu, il faut sensibiliser et informer concrètement et massivement tous les citoyens par tous les moyens possibles.

**M. Claude SAUNIER** - La cinquième mesure, Monsieur le Ministre, vous concerne plus particulièrement. Vous avez eu la responsabilité de piloter des pôles de compétitivité. Nous préconisons que cette composante énergie et climat soit au cœur de la problématique des pôles de compétitivité et que des feuilles de route soient élaborées pour permettre aux industriels d'y voir clair sur les échéances que les pouvoirs publics leur donnent, développer la recherche et le développement et soutenir activement des expérimentations. Comme nous l'avons vu au cours de la journée, nous ne sommes pas sûrs que telle ou telle piste ou filière soit la bonne réponse. Il nous semble donc légitime et normal de multiplier les expériences et de les soutenir pour vérifier quelle est la meilleure.

**M. Pierre LAFFITTE** - Pour cela, un financement est nécessaire. Nous pensons qu'il doit être absolument immédiat car nous avons extrêmement peur que, d'ici peu d'années, les dégâts liés au changement de climat et à la fracture énergétique rendent nos pays occidentaux extrêmement vulnérables et dans un état où nous aurions, d'après certaines prévisions, de l'ordre de 3 % de diminution du produit intérieur brut mondial, ceci non pas dans 50 ans mais dans une vingtaine d'années, par conséquent les moyens pour inverser la tendance ne seront plus disponibles.

Un grand scientifique australien a écrit un livre qui semble être celui de chevet d'Al GORE et de Tony BLAIR. Il indique que dans 10 ans, il sera trop tard. Nous le pensons aussi.

Des préfinancements doivent être affectés à la recherche, au développement et aux expérimentations, non pas comme le fut l'ancienne vignette mais comme le serait une taxe carbone sous forme de vignette applicable aux deux-roues, d'une taxe annuelle sur les frais autoroutiers et d'une augmentation régulière de la TIPP de 1 % sur 10 ans, à l'exception éventuelle du fioul domestique. Ceci permettrait de développer environ de 4 à 5 Mds€ par an pour financer les recherches nécessaires et subventionner la montée en puissance des filières alternatives.

**M. Claude SAUNIER** - Cette mesure porte sur le secteur des transports, central dans notre civilisation. Nous préconisons des politiques d'incitation à la modernisation du parc, inspirées peut-être de ce qui a été fait, pour des raisons de sécurité, avec les « Balladettes ».

Ce serait un moyen de relancer l'amélioration d'efficacité des autos, d'activer la normalisation, d'élever les contraintes normatives et d'encourager, dans le domaine des transports, la mobilité alternative, des expériences de télétravail, le développement des transports collectifs non polluants, publics en périphérie d'agglomération où ils sont fort déficients.

**M. Pierre LAFFITTE** - S'agissant du bâtiment c'est encore plus net, il faut absolument planifier à long terme la réglementation thermique et la durcir de façon extraordinaire, et dès à présent permettre des hausses de COS pour ceux qui voudraient utiliser d'ores et déjà la réglementation thermique de 2015 ou 2020. Prévoir ces augmentations en proportion de leur initiative serait une façon de faire payer par l'investisseur des améliorations futures.

Il s'agirait aussi de créer des instruments bancaires et fiscaux adaptés, de renforcer la certification de l'efficacité énergétique, y compris en la passant au niveau des propriétés, éventuellement des copropriétés, et aussi sur la résidence secondaire, puisque cela concerne essentiellement le développement d'une meilleure utilisation de l'énergie, et enfin améliorer la norme sur les appareils consommateurs d'électricité.

**M. Claude SAUNIER** - Vous avez une expérience d'élu local déjà ancienne, je propose cette neuvième mesure. Il nous semble que tout cela doit être piloté par l'État qui doit assumer ses responsabilités. L'application sur le terrain doit être relayée fortement par les collectivités locales. Elles peuvent être impliquées dans le développement durable au travers des volets spécifiques des contrats de plan État/Région et par les plans locaux d'urbanisme.

Nous préconisons de commencer à négocier avec des représentants des collectivités locales la modulation des dotations DGF, DGE, etc. en fonction des politiques de développement durable menées dans le domaine par les collectivités locales.

C'est quelque chose qui peut être douloureux. Cela peut être accompagné d'une bonification spécifique d'intérêt pour les emprunts qui seront contractés par les collectivités locales. En tout cas, il nous semble que ces politiques-là doivent être en particulier appliquées sur le terrain par les collectivités.

**M. Pierre LAFFITTE** - Il nous faut bien évidemment ne pas arrêter notre effort en 2030 et d'ores et déjà soutenir la recherche sur l'énergie d'après 2030, c'est-à-dire essentiellement les nanotechnologies, les nouveaux matériaux, notamment la recherche sur la fusion nucléaire et définir le plus vite possible une fission nucléaire quatrième génération pour avoir les premières expérimentations, si possible en 2030 et non en 2035, et enfin préparer les réflexions sur la fusion hydrogène.

Bien sûr, en conclusion, nous pensons que « *notre maison brûle et nous regardons ailleurs. La terre et l'humanité sont en péril et nous en sommes tous responsables* », pour citer Jacques CHIRAC à Johannesburg.

Cela signifie un retour du volontarisme politique, un axe où la politique de l'État soit forte, un programme de 20 ans du type de celui que nous avons eu juste après la Libération avec l'hydroélectricité et que nous avons avec le programme nucléaire.

Il y a là une volonté de faire de la France le moteur d'un développement qui sera suivi par l'Europe, et probablement accepté par le monde parce que c'est indispensable.

**M. Claude SAUNIER** - Pour tout dire, si nous faisons cette référence aux propos du Président CHIRAC, nos propositions peuvent être perçues comme un peu rudes maintenant, c'est parce que nous considérons que la France va rentrer, au mois de septembre en particulier, dans une période de grands débats publics et ce rendez-vous avec la démocratie mérite que soient posées de vraies questions politiques aux Français.

*Applaudissements.*



Monsieur le Ministre, vous nous faites le grand honneur de conclure notre journée. Je l'ai indiqué tout à l'heure, nous avons rencontré plus de 300 personnes du monde entier.

Nous avons été les greffiers fidèles de ce que les experts industriels, responsables politiques et chercheurs nous ont dit au cours de cette année d'enquêtes. Nous avons essayé de synthétiser l'ensemble de nos impressions et, aujourd'hui, au travers des quatre tables rondes que nous avons organisées, nous avons eu la confirmation de l'essentiel des orientations que nous avons retenues.

**M. Pierre LAFFITTE** - Nous avons même entendu des sons encore plus alarmants...



## CONCLUSION DE M. FRANÇOIS GOULARD, MINISTRE DELEGUE A L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET A LA RECHERCHE

**M. François GOULARD** - Merci beaucoup, Messieurs les Sénateurs.

Mesdames et Messieurs, ma première réflexion porte sur le constat que nos assemblées parlementaires sont totalement mobilisées par ce sujet majeur. Vous en apportez la preuve avec les travaux de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques.

Il y a eu récemment, comme vous le savez, une mission d'information à l'Assemblée nationale. Cela n'est pas un hasard.

Vous soumettez des propositions fortes, très lisibles et compréhensibles qui présentent le mérite de la clarté, de sorte qu'on peut espérer grâce à elles frapper l'opinion et l'ensemble des décideurs.

Ce constat, cette prise de conscience auxquels vous appelez correspondent à une réalité incontestable. Cela n'était pas vrai il y a quelques années. Aujourd'hui dans les rencontres, par exemple, de ministères de la recherche auxquelles je participe au plan international, cela fait partie des sujets abordés le plus fréquemment et qui donnent lieu à des échanges quelquefois assez vifs, non pas sur la réalité des changements climatiques mais sur les mesures que l'on doit prendre face à ces changements. Je me souviens -je ne veux pas trahir de secret- d'affrontements assez vifs entre les pays européens et un officiel américain à propos de Kyoto et des conséquences à en tirer.

Nous avons franchi une étape, mais cela ne veut pas dire que tout soit acquis et notamment tous les pays ne seront pas convaincus comme nous le sommes de l'urgence à prendre des mesures d'une ampleur assez considérable.

Je le disais, ce consensus est maintenant scientifiquement non contestable et, néanmoins, une fois dit cela, le sujet n'est pas épuisé. Nous devons poursuivre les recherches en la matière et je voulais être présent ce soir.

Vous comprendrez que je ne me prononce pas sur tout ce que vous avez abordé étant donné mes responsabilités gouvernementales. Certains domaines ne relèvent pas de ma compétence. Je vous donnerai à l'occasion tel ou tel de mes sentiments mais je souhaiterais insister sur les questions de recherche.

Celles concernant le changement climatique sont, pour un pays comme la France, une thématique majeure. On évalue à 440 M€ par an la dépense. 1 500 chercheurs sont concernés avec des scientifiques réputés dans le monde entier. Cela a eu le mérite de devoir être dit car notre potentiel de recherche est réel. La recherche est en effet essentielle pour cerner le phénomène et ses conséquences. Je vais y revenir. Je crois qu'on ne doit pas se dire que la recherche a fait son travail en mettant en évidence un phénomène. Il faut aller plus loin, mieux cerner le phénomène et son évolution et, en particulier -je crois que vous l'avez mentionné clairement- pousser les travaux sur l'évolution du climat et de la modélisation.

On retrouve des points que vous avez mentionnés, par exemple qu'en matière de modélisation de prévisions des changements climatiques, nous avons environ 150 M€ de dépenses en France, ce qui en fait un thème de recherche très important.

Je suis tout à fait d'accord avec vous, il y a nécessité de mobiliser au niveau international des moyens lourds concernant l'observation et la modélisation du changement climatique. Ce sont des moyens de calcul. Aujourd'hui, comme vous le savez, la mise en réseau de grands ordinateurs pour atteindre les puissances de calcul considérables nécessaires, les techniques d'observation globale, en particulier le programme GMES à l'échelle européenne et le programme GEO au niveau mondial, sont des actions essentielles qui doivent être conduites dans un cadre européen ou international, l'intérêt étant commun.

Nous devons avoir un réseau d'observatoires réparti sur l'ensemble de la planète. On doit étudier, à côté des approches purement climatiques, le cycle complet du carbone, les évolutions de la chimie atmosphérique, de la chimie des eaux. Ce sont des directions de recherche fondamentales.

Deuxième grand thème : les recherches sur les effets et impacts du changement climatique, sur les pratiques d'adaptation. Voilà des thèmes directement liés en aval du phénomène et sur lesquels insister. C'est un chapitre auquel nous consacrons en France 60 M€, ce sont chaque fois des sommes considérables. Pour nous, ce sont de vraies priorités de recherche. J'insiste, les montants que j'ai cités montrent bien que ce ne sont pas des recherches anecdotiques, mais majeures, qui se comparent aux grands sujets de la science contemporaine.

Le programme « Gestion et impact du changement climatique », conduit sous la responsabilité du ministère de l'écologie et du développement durable, illustre ce que je viens de dire, avec des sujets pour certains nouveaux, avec une approche pluridisciplinaire et notamment l'intervention des sciences humaines et sociales. On n'est pas uniquement dans le domaine des sciences climatiques, des sciences dures, de la chimie, de la connaissance de l'atmosphère, il y a aussi des comportements et réactions humaines pour lesquels les sciences humaines et sociales ont un rôle à jouer.

Nous devons aussi mener des recherches sur la réduction nécessaire des émissions de gaz à effet de serre, conséquence logique des premières réflexions. C'est un montant de 230 M€ que nous consacrons chaque année à ce que l'on pourrait appeler la lutte contre les causes du dérèglement climatique.

Il n'y a pas que le CO<sub>2</sub>, l'ensemble des gaz à effet de serre est concerné. La gestion curative, les recherches sur la gestion des cycles des gaz, la capture, le stockage, etc. sont des axes très importants et puis cela constitue l'essentiel de vos propositions, l'énergie, les politiques d'économie d'énergie ou de substitution de formes d'énergie. Notre pays consacre près de 1 Mds€ de crédits publics qui entraîne des recherches privées par certains effets de levier. Nous sommes dans le panorama mondial un des grands acteurs de la recherche dans le domaine de l'énergie.

Vous avez cité à juste titre les pôles de compétitivité, lieux de mobilisation entre la recherche et l'industrie. Nous devons développer notre politique énergétique suivant des objectifs, la sécurité d'approvisionnement, préoccupation qui s'ajoute à celle que vous avez évoquée, la compétitivité économique présente avec les augmentations de coût et la protection de l'environnement avec les conséquences qu'entraîne le changement climatique.

Sur les différentes recherches, je ne peux entrer dans le détail, tous les thèmes mentionnés dans vos propositions sont évidemment présents dans les recherches conduites en France, avec une distinction importante entre le court terme, ce que l'on appelle « les technologies incrémentales », le moyen terme avec « des technologies de discontinuité », le moyen terme étant à l'horizon d'une petite vingtaine d'années et pour le long terme, « les technologies de rupture » sur lesquelles vous avez mis l'accent.

Vous avez parlé du bâtiment assez longuement. Les thèmes sont très nombreux mais aussi très importants, quand on connaît la place que le bâtiment occupe dans la consommation globale d'énergie dans notre pays.

Les transports avec les recherches sur les biocarburants, les véhicules hybrides, les batteries ont pu connaître des progrès décisifs à la fois en matière technologique et peut-être avec des changements majeurs dans les organisations industrielles. On sent que l'on est à la veille d'un certain basculement.

Les industriels de l'automobile considèrent que la voiture électrique n'est pas tout à fait pour maintenant, mais il est possible qu'on s'approche du moment où cela deviendra d'actualité et enfin on consentira des investissements massifs pour faire des véhicules électriques une réalité économique, les recherches sur l'hydrogène dans un futur un peu plus lointain, tout cela est connu.

Je voudrais mentionner ce qui concerne le stockage de l'énergie, point primordial. Dans le milliard consacré à la recherche en matière d'énergie, une partie importante concerne l'électricité avec les générations futures de réacteurs.

Il ne faut pas oublier pour le long terme, au-delà de 50 ans, la fusion nucléaire et ITER. Personne n'a de certitude en la matière, on ne sait pas si la fusion sera demain la source majeure d'énergie mais personne ne peut dire qu'on a le droit de négliger cette voie considérable.

On peut véritablement se réjouir que cet appel à une mobilisation internationale que j'ai entendu dans vos propositions soit réel. Il y a un véritable accord international avec les grands pays, les grandes zones du monde qui travaillent ensemble. On souhaiterait que dans d'autres domaines il y ait une coopération aussi efficace qu'en matière de fusion.

Quant au photovoltaïque qu'il ne faut pas négliger, j'aurai le plaisir la semaine prochaine d'aller visiter l'Institut national de l'énergie solaire qui se constitue à Chambéry et qui regroupe les forces de recherche du CEA, du CNRS, du CSTB et de l'Université de Savoie.

Notre pays a véritablement un rôle à jouer en matière de recherche. Notre communauté scientifique est du meilleur niveau dans la plupart des sujets évoqués. La recherche française est de premier plan pratiquement sur tous les thèmes. Notre effort de recherche est loin d'être négligeable. Nos équipes sont reconnues à l'échelle internationale, vision assez largement partagée avec nos partenaires de l'Union européenne, qui permet d'assez bien articuler notre effort de recherche avec le programme-cadre européen.

Je dis « assez bien », car comme vous le savez il existe aussi des divergences, on a à l'esprit la fission nucléaire, dont certains pays ne veulent pas que les PCRD s'occupent, avec les nuances que vous connaissez et que nous connaissons.

Les acteurs régionaux et territoriaux se mobilisent. Les politiques pouvant être mises en œuvre sont naturellement décentralisées. Il importe que les acteurs décentralisés soient mobilisés.

Du point de vue de la recherche, voilà ce que je tenais à vous dire. Ne pas réduire les efforts dans la compréhension des phénomènes de changement climatique et de l'ensemble de leurs conséquences et être très présent sur tous les remèdes pouvant être apportés tant en matière de réduction des émissions à gaz à effet de serre que du traitement de la question énergétique proprement dite.

Je me permets quelques réflexions sur vos propositions qui présentent le mérite de l'audace, et, je le disais, de la clarté et qui sont de nature à éveiller un grand intérêt, y compris dans le grand public et on ne peut rien faire en la matière si celui-ci n'est pas totalement sensibilisé.

S'agissant du transport, dont j'avais eu à connaître dans des responsabilités précédentes, vous parlez de l'Europe et de son rôle dans le transport des marchandises en mettant en avant le ferroutage. Non qu'il soit inintéressant, mais si nous donnions au fret ferroviaire classique sa place dans le transport des marchandises nous accomplirions, en termes de consommation d'énergie, des progrès considérables.

Le ferroutage est une technique assez complexe à mettre en œuvre. Elle a réellement un avenir mais les conditions de sa fiabilité économique ne sont pas toujours faciles à réunir. En tout cas, une meilleure organisation ferroviaire serait un gage de non-perte de parts de marché du ferroviaire car nous savons qu'il décline, notamment en France.

Nous avons consenti des efforts signalés avec le plan fret dont la mise en œuvre n'est pas commode. J'insiste sur un point qui me paraît appeler des efforts financiers de l'Union européenne, l'interopérabilité ferroviaire. Ce terme technique peut se résumer simplement : aujourd'hui, les trains en Europe ne circulent pas facilement en passant les frontières, car les normes ne sont pas identiques, les matériels de signalisation et de commandes non plus. Cela constitue un obstacle non seulement à la libre circulation sur le territoire de l'Union mais aussi au développement du ferroviaire. Cela vaut pour le fret et les passagers car il y a, à l'évidence, une reconquête de marché au détriment de l'avion à l'intérieur du continent européen.

Ce que nous avons réussi à mettre en place en France avec le TGV, qui a considérablement gagné par rapport à l'aérien pour le transport de passagers, à savoir un outil de transport à moyenne ou à longue distance sur le territoire national, peut être développé à l'échelle européenne. Encore faut-il lever les obstacles qui ont trait à cette absence d'interopérabilité convenable en Europe. Cela coûte très cher, les matériels sont onéreux mais ce serait un bon investissement pour l'Europe que de progresser dans ce domaine. Cela présente l'avantage de développer le fret et le transport des passagers et évidemment le ferroutage.

Je ne suis pas d'accord avec vous sur la taxation du transport maritime à forts tonnages. De manière évidente, c'est un moyen de transport très faiblement consommateur en énergie. Notre intérêt est de développer le transport maritime pour tout ce qui est coûteux. Les « autoroutes de la mer » qui tardent à être mises en œuvre sont un espoir de remplacer le transport terrestre. On doit au contraire aider ce mode de transport.

Vous avez une proposition-phare avec le rétablissement de la vignette. On peut faire les manchettes des journaux, cela a largement commencé. Vous avez écologiquement, énergétiquement et économiquement raison ; politiquement, c'est différent. Il faudrait distinguer la fiscalité des véhicules selon leur consommation en énergie. Cela me paraît relever du bon sens.

Pour les transports routiers nous avons, avec le développement de l'électronique et des moyens de communication, la possibilité de faire varier autant qu'on le souhaite la taxation. Une sorte de péage généralisé sur les axes routiers me semble une bonne voie.

Entendons-nous, il ne s'agit pas de pénaliser des territoires mal desservis qui, avec l'instauration d'une fiscalité trop lourde sur le transport routier, verraient certaines de leurs industries condamnées. Il faut être prudent mais, aujourd'hui, la technologie permet d'avoir des péages plus élevés sur des axes très fréquentés et, au contraire, un péage faible ou nul sur d'autres axes qui le sont moins et où le transport routier est irremplaçable.

Je milite pour que, à l'instar de ce qui est fait en Allemagne, nous utilisions les technologies contemporaines pour une taxation et des péages plus intelligents qu'avec les méthodes classiques.

Un autre point concerne le télétravail. Nous accomplissons aujourd'hui de grands progrès pour développer « l'université numérique ». Cela rejoint le sujet : on se déplace pour travailler et aller étudier. L'université numérique permet, où que l'on soit, d'accéder par son micro ou son portable aux cours qu'on suivait jadis en amphi. Voilà un moyen concret et pratique.

Mais il ne faut pas se faire d'illusion, même si on réalise des progrès en la matière il y aura toujours un besoin de déplacement. Ils correspondent à des phénomènes sociaux parfaitement analysés.

J'ai trouvé très intéressante votre proposition d'augmenter les COS, les droits à construire, quand le constructeur respecte les normes de l'avenir par anticipation. Il y a là sans doute des moyens efficaces car le mode de financement est associé au respect de ces normes. On sait qu'il y a toujours des limites dans l'édiction de normes plus sévères dans notre pays, ou sur notre continent, que sur d'autres zones du monde puisque les questions de concurrence existent et personne, au nom de l'emploi, ne peut les tenir pour négligeables.

En revanche, quand nous trouvons des moyens intelligents de financer un surcoût qui aura des effets positifs en matière de consommation énergétique, je crois que nous avons là des politiques astucieuses qui permettent de rendre compatibles les besoins de compétition économique et de réduction de la consommation d'énergie.

En résumé, votre rapport vient à point nommé. Les crises énergétiques se succèdent. Le constat du phénomène majeur du changement climatique est désormais scientifiquement assuré. Il faut une prise de conscience mondiale, c'est-à-dire dans chacun de nos pays.

Vous avez le mérite de formuler de nombreuses propositions qu'il faudra décliner, étudier et préciser, cela va de soi. Vous avez adopté un champ très large dans votre approche et je me permets de vous dire que vous faites là certainement œuvre utile dans les domaines de réflexion travaillés depuis de nombreuses années, mais qui méritaient certainement d'être revus aujourd'hui, au vu des progrès de la connaissance scientifique et du point actuel que nous pouvons faire des connaissances en la matière.

Merci.

*Applaudissements.*

**M. Pierre LAFFITTE** - Je me permets, Monsieur le Ministre, de vous remercier vivement de votre présence, de votre écoute et de vos remarques qui nous vont droit au cœur. Je crois qu'effectivement nous avons besoin d'une véritable mobilisation et votre réaction montre qu'un des membres du gouvernement le plus concerné est globalement plutôt favorable.

Vous n'avez évidemment pu prendre de décision aussi rapide. Il faut d'abord en passer par le niveau interministériel et entendre les réactions de la presse.

Nous sommes conscients du fait que nos recommandations ne vont pas dans le sens d'une démagogie, mais nous pensons que, à l'aide de pédagogie, nous arriverons à ce que cette non-démagogie soit plutôt favorable à ceux qui l'appliquent.

Nous espérons bien que les prochaines échéances électorales nous conforteront dans cette idée.

*Applaudissements.*

**M. Claude SAUNIER** - Merci à tous et à toutes d'avoir passé cette journée avec nous.

*La séance est levée à 17 h 05.*