

Rencontre-débat du Comité 21

Christian BALMES

Président-directeur général de Shell France

"Évolution des énergies mondiales"

Vendredi 5 avril 2002

Exposé de Christian BALMES

L'évolution des énergies est un sujet fort intéressant, et il y a tant de choses à dire ! D'abord, parce que nous entrons dans un siècle nouveau où l'énergie fait l'actualité tous les jours. Ensuite, parce que ce sujet est dans les programmes de, pratiquement, tous les candidats à la présidence aux prochaines élections, mais les échéances électorales ne sont pas le sujet d'aujourd'hui.

Je pense que le groupe Shell a des choses à dire sur l'énergie parce que nous avons une longue expérience en la matière. Grâce aux Scénarios Shell, on essaie de regarder ce qui se passera en 2050, voire en 2100. Aujourd'hui, on se pose la question du développement durable, on se pose la question des accords de Kyoto, de qui signe, de qui ne signe pas. Que veut dire pour nous, pour les futures générations, le grand problème du changement climatique ?

Le message que le groupe Shell aujourd'hui veut faire passer, c'est qu'il faut se positionner dans le long terme pour avoir une politique de développement durable qui soit vraiment viable et crédible. Car si nous ne savons pas, si nous ne pouvons pas imaginer ce qui se passera dans cinquante ans en matière de réchauffement climatique, d'émission de CO₂, de gaz à effet de serre, il est très difficile d'avoir des engagements volontaires de progrès. Vous savez qu'aujourd'hui c'est un grand débat.

Le groupe Shell dit deux choses :

- Il faut se positionner à cinquante ans pour avoir une politique de développement durable.
- Il est important d'avoir des scénarios d'évolution de l'énergie qui soient crédibles et stimulants parce qu'ils pourront influencer les changements de stratégies et de comportements au sein même du Groupe.

Mais nous ne sommes pas dans la futurologie. Nous ne sommes pas là pour noircir le tableau, mais pour avoir des évolutions contrastées. C'est très important parce qu'on voit bien qu'on arrivera sur des fins de cycle, sur des nouvelles technologies... le message est un peu difficile à faire passer.

Nous aurons une évolution assez chaotique, c'est la mauvaise nouvelle. La bonne nouvelle, c'est qu'il existe quand même des solutions aux problèmes du développement durable. Pour nous aujourd'hui, ce n'est pas le mot "durable" qui est important, c'est ce qui est acceptable, tolérable en matière de réchauffement climatique, de pollution, d'émissions, etc.

Pour parler des scénarios, je pense que la longue histoire du groupe Shell le rend crédible pour en parler. Vous savez que nous sommes une multinationale. Ensuite, nous sommes multi-énergies, bien que cela ne soit pas très visible. Puis, nous avons pris des engagements, vous l'avez rappelé, en matière de transparence. Nous avons un *Shell Report*, où nous expliquons ce que nous faisons en matière d'économique, de social, d'environnement. Je pense que nous avons un message à exprimer. Aujourd'hui, nous sommes dans une société où nous avons le droit de nous exprimer, alors autant le faire haut et fort, mais peut-être des choses plairont-elles et d'autres déplairont-elles.

J'essayerai de faire une présentation relativement succincte avec quelques aides visuelles. Vous avez les textes très détaillés, y compris les aides visuelles, à votre disposition à la sortie.

Si vous le voulez bien, nous commencerons à nous poser la première question qui, je pense, déterminera les chemins d'énergie pour les cinquante ou cent prochaines années : Qu'est-ce qui est acceptable en matière d'émission de CO₂, qui est le grand sujet aujourd'hui, et qu'est-ce qui est acceptable en matière de concentration atmosphérique du CO₂ ? Première question à laquelle nous essayerons d'apporter une réponse.

Il est clair que le message que nous faisons passer est que nous venons d'un système énergétique basé sur les énergies fossiles. Or, nous verrons, dans le siècle qui vient, le déclin de ces énergies fossiles et la montée en puissance d'énergies renouvelables. Cela ne va pas se faire tout seul. Nous verrons probablement une technologie de rupture arriver. Là aussi, il faudra faire des efforts en matière de coûts, de stockage, de masse critique, essentiellement pour l'hydrogène. Se posera aussi en passant la question du nucléaire et des deux grands pays dans le monde qui ont un poids fondamental dans les futurs besoins, la Chine et l'Inde.

La conclusion que nous essayerons de tirer, c'est qu'il existe, essentiellement, deux grands chemins pour l'avenir, qui donnent des résultats à peu près équivalents. Certains sont pénibles, d'autres douloureux, mais aucun chemin n'est facile.

La première réflexion qu'il faut avoir lorsqu'on parle d'énergies touche à la question des besoins. Quels sont-ils ? Que seront-ils en 2020, en 2050 ? Nous nous sommes fixés sur 2050 et, ensuite, nous examinerons, dans une deuxième partie, quels sont les choix énergétiques possibles. En troisième partie, nous verrons comment choisir et que choisir.

1) Les besoins énergétiques mondiaux

Si on regarde la première partie qui concerne les besoins énergétiques, vous voyez très bien qu'on parle tout de suite d'évolution de la démographie, de revenus, d'urbanisation et d'ouverture des marchés. Nous allons prendre ces thèmes un par un pour vous montrer quelles sont les hypothèses que nous faisons.

➤ **La démographie**

En matière d'évolution de la population, en 2050, nous pensons que la population se stabilisera autour de 8, 9 milliards d'habitants sur la planète. Qu'est-ce que cela veut dire ? Aujourd'hui, nous sommes 6 milliards. Récemment, nous avons plutôt des estimations autour de 10 milliards d'habitants. Ces chiffres viennent des Nations Unies, on peut donc les prendre comme réalistes et crédibles. Ces estimations sont légèrement en baisse maintenant, car effectivement nous avons une vision un peu plus réaliste ou conservatrice ou pessimiste des taux de fertilité des populations.

Nous avons une population qui se stabilisera entre 8 et 9 milliards en 2050, c'est le premier point.

➤ **Les revenus**

Qui dit énergie dit revenus parce qu'il est sûr que l'évolution des revenus, la croissance des revenus dans les pays implique immédiatement des besoins énergétiques nouveaux.

Il faut se demander quels seront les revenus par tête d'habitant en 2050 par rapport à aujourd'hui. Nous reviendrons sur cet élément car c'est un sujet fondamental. Retenez que notre prévision pour 2050 est une moyenne de 20 000 dollars par tête d'habitant. Aujourd'hui, nous sommes à 8 000. Quand on est à 8 000, en moyenne, avec 6 milliards d'habitants, il ne faut jamais oublier qu'il se trouve entre 3 et 4 milliards de personnes sur la Terre, dont les besoins basiques en matière d'énergie ne sont pas satisfaits. Sur les besoins de chauffage, le minimum basique est à peine disponible pour, à peu près, les deux tiers de la population dans le monde.

En 2050, la question qui se posera sera : Qu'est-ce qui se passe pour ces 4 milliards de personnes ? Est-ce que l'ensemble des 8 milliards de personnes va accéder aux besoins basiques, en matière de mobilité, de développement minimum ou pas ?

➤ **L'urbanisation**

L'autre point important, c'est une corrélation très forte entre les revenus par tête d'habitant et le système d'urbanisation. Aujourd'hui, 50 % des habitants de la planète vivent dans des villes. Si on regarde ce qui s'est passé depuis cinquante ans et si on projette vers les cinquante prochaines années, on peut penser que, en 2050, les 8 milliards d'habitants seront essentiellement, à 80 %, dans des villes, ce qui implique aussi des besoins nouveaux en matière d'énergie.

➤ **L'ouverture des marchés**

Un dernier point important, pour nous, c'est l'ouverture des marchés parce qu'elle implique aussi une concurrence, des problèmes de sécurité. Nous pensons qu'une ouverture progressive des marchés d'énergies permettra de répondre au mieux aux besoins et de façon plus efficace.

Quand on cumule l'ensemble de ces facteurs – je résume beaucoup – qui contribuent aux besoins énergétiques, on arrive à une demande qui est entre deux et trois fois supérieure à la demande actuelle. Ce sont des chiffres énormes. Si c'est le cas, et il n'y a aucune raison pour penser que ce ne sera pas ainsi, cela signifie que les émissions de CO₂, qui contribuent au réchauffement de la planète, continueront à augmenter en valeur absolue, d'où le grand débat qui occupe aujourd'hui la place publique : Comment peut-on arrêter la croissance des émissions de CO₂ dans les cinquante prochaines années ? Pour y arriver, il faudra faire des choses nouvelles. Je crois que c'est un message très fort.

Ici, vous voyez une aide visuelle assez lourde, mais je vais essayer de la détailler, car elle a une importance considérable sur les besoins énergétiques en 2050. Il s'agit d'une courbe qui montre l'évolution des besoins en énergie par tête d'habitant, c'est ce qu'on appelle les joules per capita, par tête d'habitant. Sur l'axe horizontal, vous avez l'évolution des revenus exprimés en PNB ou GDP (*gross domestic product per capita*), l'évolution des besoins en énergie par rapport à l'évolution des revenus.

Sur les cinquante dernières années, on a à peu près cette courbe d'évolution, assez typique, qu'on appelle la courbe en "S" :

- Si vous êtes dans le bas de la courbe, dans la partie gauche, c'est en dessous de 5 000 dollars par tête d'habitant. C'est la zone des besoins basiques. On trouve peu de chose en matière de besoins énergétiques. C'est là où se situent les grands pays comme la Chine, l'Inde, etc. D'où le chiffre cité tout à l'heure de 3 à 4 milliards d'habitants, en moyenne, qui ont à peine accès aux besoins basiques en énergie.

- Ensuite, vous constatez une forte croissance des moyens d'énergie parce que ce sont des pays, des zones où on accède au début de l'industrialisation. Vous avez une croissance très rapide, beaucoup plus rapide de l'énergie, par rapport aux revenus.

- Puis, changement d'inflexion, vous voyez que, dans la zone des 15 000 à peu près, on a un ralentissement de la demande en besoins énergétiques parce qu'on rentre dans une zone de services.

- La dernière partie de la courbe présente les chiffres de l'Europe ou du Japon, de l'Australie. Ils montrent qu'on peut, finalement, augmenter les revenus sans avoir forcément des besoins énergétiques considérables.

- Tout à fait en haut, vous voyez les États-Unis qui sont dans une classe à part... mais ce n'est pas le débat d'aujourd'hui.

Ce qu'il faut retenir est que, sur les cinquante dernières années, les pays en général suivent ce genre de courbe en "S", c'est-à-dire besoins énergétiques par rapport au revenu par tête d'habitant.

La grande question qui se pose est de savoir quelle sera la courbe des pays qui sont en bas. Est-ce qu'ils vont suivre la même voie que les pays qui sont déjà en haut ? Nous pensons qu'un certain nombre d'entre eux, probablement l'Inde et la Chine, ne suivront pas la même courbe que les autres pays sur les cinquante dernières années. Ils feront, certainement, des sauts technologiques et tant mieux. Donc, ils auront moins de besoins d'énergie. Cela dit, ils doivent néanmoins passer par les phases d'urbanisation qui sont extrêmement consommatrices en besoins énergétiques.

Nous changeons maintenant d'échelle. Nous sommes sur la moyenne et non plus au niveau des pays. Nous nous sommes projetés de 2000 à 2050.

Les chiffres importants sont les suivants : En 2000, en moyenne au niveau de la planète, nous avons un revenu par tête d'habitant qui est de 8 000 dollars. En moyenne, les besoins énergétiques sont autour de 80. Nous pensons que les besoins en 2050 se situeront dans une fenêtre entre 100 et 200, c'est bien plus élevé qu'aujourd'hui, d'où le chiffre de deux ou trois fois plus.

Évidemment, il existe une grande possibilité d'erreur : En fonction des rythmes de développement et des sauts technologiques que certains pays vont choisir, en fonction de la concurrence entre différents modes d'énergies, on peut être soit à 100, soit à 200, sur la courbe rouge

ou sur la courbe bleue. Si on positionne l'Europe sur cette courbe, elle se trouverait aujourd'hui, grosso modo, au milieu, autour de 160.

Le message fort est celui-ci : Les besoins augmenteront de deux à trois fois par rapport à aujourd'hui. Cependant, il y a une zone d'incertitude très importante, car rien ne dit que les pays aujourd'hui en bas de l'échelle vont suivre la même courbe. Il n'en reste pas moins que c'est un défi considérable pour notre génération.

2) Les choix énergétiques possibles

Quels sont les facteurs critiques ? Nous avons des besoins énergétiques, mais comment les satisfaire ? Quelles sont les énergies à mettre en œuvre pour les satisfaire, sachant que la demande sera multipliée par deux ou trois ?

Il en existe trois essentiellement. Ce sont les facteurs que je vais couvrir, les problèmes des ressources, de la technologie et les problèmes des comportements des citoyens et des consommateurs.

➤ **Les ressources**

1) *Le pétrole*. Le problème du pétrole, c'est un peu la "tarte à la crème". On entend tout et n'importe quoi sur la place publique. Il est clair que l'on s'oriente vers ce qu'on appelle la "montagne du pétrole". Probablement vers 2025-2030, nous aurons une stagnation de la production, avant d'entrer dans une zone de dépression.

Nous avons été habitués à une croissance de la production du pétrole de 7,5 % par an jusqu'à aujourd'hui. Dans les vingt-cinq prochaines années, compte tenu de ce que l'on sait sur les réserves de pétrole -et on connaît beaucoup de choses sur les réserves de pétrole-, on pense que la production augmentera à peu près de 2 % par an. Tous les chiffres circulent, tout dépend des opérateurs sur le marché.

Le groupe Shell a revu ses prévisions à la baisse l'an dernier. Nous pensions qu'on pourrait continuer d'augmenter la production de pétrole de 5 % par an, mais, en fait, nous avons ramené nos chiffres à 3 %. Nous avons été transparents, honnêtes, mais cela a été très mal interprété par les analystes financiers qui nous ont sanctionnés sur la valeur de nos actions sur le marché. C'est donc très sensible, et les analyses financières regardent de très près ce chiffre qui est la production de pétrole et la croissance de la production de pétrole par an.

Nous pensons que ce chiffre se maintiendra aux alentours de 2 % sur les vingt-cinq prochaines années. Puis, nous verrons arriver un plateau, parce qu'on ne pourra plus continuer à augmenter la production. Ce qui veut dire que toutes les nouvelles demandes d'énergies, quelles qu'elles soient, devront être satisfaites par d'autres énergies que le pétrole.

Nous aurons donc ce que j'appelle la "montagne du pétrole" : Vers 2025-2030, on arrive à une stagnation de la production, avant un déclin.

Les chiffres communément admis sont de 3 000 milliards de barils, juste pour information. Si vous êtes un peu plus curieux, vous avez tous les éléments dans les papiers qui vous seront remis. C'est un message un peu négatif sur le pétrole. C'est peut-être plus positif que certains ne le pensent parce qu'ils prétendent qu'on manquera de pétrole dans cinq ans, ce qui est totalement faux.

2) *Le gaz*. Nous avons des spécialistes du gaz dans la salle...

On connaît moins bien le gaz, car on n'a pas tout exploré, c'est la première remarque.

La deuxième remarque est que le gaz est un produit qu'il faut aller chercher très loin, bien souvent, où il faut investir énormément d'argent dans l'infrastructure que ce soit le transport, bateaux ou pipelines, ou dans les usines de liquéfaction.

C'est aussi un produit qui implique des considérations de sécurité parce ce que, lorsque des pipelines traversent des pays à hauts risques politiques, ce n'est pas évident. Je ne parle pas de l'Algérie spécifiquement, je parle de l'Iran, du Turkménistan.

Avec le gaz, existe une incertitude due au fait qu'on en connaît moins sur le gaz que sur le pétrole. La deuxième incertitude est la nécessité d'avoir des infrastructures extrêmement lourdes et cela, au moins vingt ans avant que le gaz n'arrive sur les marchés.

Aujourd'hui, la production croît de 2 % par an. On pense que, jusqu'en 2025-2030, nous sommes à peu près tranquilles : La production de gaz augmentera de l'ordre de 3 % par an. Ensuite arrivent les grandes zones d'incertitude. C'est un peu la bouteille à l'encre, mais des risques d'investissement sont à prendre.

On peut continuer la croissance jusqu'en 2040, mais il est clair qu'en 2040-2050, on arrête la croissance du gaz. Tous les spécialistes sont d'accord pour dire que le gaz a une durée de vie légèrement plus longue que celle du pétrole. Pourtant, vers 2040-2050, on arrivera à un plateau.

Juste pour illustrer la problématique du gaz, l'aspect sécurité des investissements, nous avons mis les problèmes d'approvisionnement en gaz dans la zone Asie. Vous voyez en violet les zones où on produit du gaz. Cela évoque un certain nombre de conflits géopolitiques, avec l'Iran, le Turkménistan, au nord de l'Afghanistan, la Sibérie, la zone de Sakhaline.

Vous constatez que les marchés, où il y a une nécessité du gaz, sont les zones en jaune : l'Inde, l'Asie du Sud-Est, le Japon. Entre les deux, il faut mettre soit des bateaux, soit des "tuyaux". Les bateaux, on peut penser que cela flotte, mais les "tuyaux" doivent passer par quelque part. Certains pays à traverser sont un peu "chauds" sur le plan politique, et je vous laisse en tirer les conclusions. Il faudra bien qu'un jour quelqu'un décide de passer un tuyau de l'ouest vers l'est. Je ne pense pas que les grandes sociétés multinationales prendront ce genre de risque. C'est un sujet à débattre.

3) *Les énergies renouvelables.* On peut avoir une approche optimiste ou pessimiste.

Ce que l'on essaye de dire, chez Shell, c'est qu'il existe suffisamment d'énergies renouvelables sur la Terre pour pratiquement couvrir tous les besoins énergétiques du futur.

C'est l'approche théorique, qui ne tient pas compte des coûts, ni de la nécessité de réserver des terres, des hectares, des kilomètres carrés pour les besoins alimentaires dans les grands pays. Il est vrai qu'on peut faire de la biomasse, qui fera du carburant pour les véhicules, mais si on a des champs de colza, cela remplacera des champs de blé et autres. Il faudra faire un choix entre les besoins alimentaires et les besoins de transport.

Cela dit, sur le plan théorique, si on fait abstraction des problèmes de coûts, si on met en œuvre la biomasse, la géothermie, le solaire, les éoliennes et l'hydro, il existe suffisamment de potentiel pour couvrir tous les besoins énergétiques.

Premier problème, cela a un coût.

Deuxième problème, il faut stocker. En particulier, si on prend les éoliennes ou le solaire, cela implique que l'on stocke cette énergie. On peut produire l'énergie quand il fait beau, mais il faut la mettre en œuvre quand il n'y a pas de soleil. Il en est de même pour les éoliennes, si on veut avoir de l'énergie éolienne, je peux vous dire qu'il faudra en construire beaucoup. En France, nous sommes très en retard aujourd'hui. Je crois que nous avons 80 mégawatts en éoliennes. Si nous voulons atteindre les objectifs que nous nous sommes fixés en production d'électricité d'origine renouvelable, il faudrait probablement avoir 14 000 mégawatts en 2010. Donc, passer de 80 à 14 000 en 2010, c'est considérable. Ajoutons les problèmes d'esthétique et de bruit que les éoliennes engendrent.

Lorsque j'ai montré la possibilité d'évolution de la demande dans les cinquante prochaines années, quand je dis qu'il existe suffisamment d'énergies renouvelables en théorie, pour couvrir tous les besoins du monde, c'est faux. Déjà, en Europe, nous sommes nettement au-dessus de ce que vous voyez sur la courbe. En Asie, se posera le même problème. En théorie, c'est vrai, en moyenne c'est vrai, mais en répartition géographique, c'est faux.

Se posera aussi le problème d'amener ces énergies renouvelables dans les pays où on consomme. Là aussi, je pense qu'il faut être très modeste et dire que, oui, c'est une possibilité, mais qu'il faudra mettre en œuvre avec des problèmes de coûts et de répartition.

➤ **La technologie**

Le dernier élément qui influencera les besoins d'énergie, les choix énergétiques, ce sont les sauts technologiques que l'on réalisera.

Quand on regarde ce qui s'est passé entre 1800 et 2000, on n'a pas connu de grands sauts technologiques. On a poussé les technologies existantes aux limites. Le nucléaire, c'est une

parenthèse, nous y reviendrons. La seule rupture technologique que l'on peut voir depuis 1800, c'est le gaz, la turbine à gaz, arrivée dans les années 1890, c'est la véritable rupture technologique, trente ans d'histoire depuis les premières phases d'industrialisation.

Pour demain, dans les cinquante prochaines années, il existe deux technologies de rupture, comme vous pouvez l'imaginer.

– La première -nous y reviendrons-, c'est tout ce qui touche aux piles à hydrogène ou à combustible. La technologie de l'hydrogène est vraiment une rupture complète, qui n'a rien à voir avec les moteurs à injection.

– La deuxième, ce sont les utilisations de l'énergie solaire.

Première question : le coût. Deuxième question : le stockage.

Si je prends l'hydrogène, pour remplacer les moteurs à injection, le carburant, effectivement les piles à combustible fonctionnent. Néanmoins, le gros problème, c'est la fabrication et le stockage de cet hydrogène. Ou on le fabrique quelque part et, ensuite, sous forme de bouteille, de boîte, on le met sur un véhicule qui a une certaine autonomie, quatre cents kilomètres. Ou bien on est plus inventif et on essaye de produire de l'hydrogène dans le véhicule, de façon à lui donner plus d'autonomie. Mais on entre dans des coûts de mise en œuvre qui sont tout à fait différents. Nous y reviendrons.

Vous avez vu des facteurs qui contribueront aux besoins d'énergie, à un niveau deux à trois fois supérieur, puis des facteurs qui influenceront des choix que l'on fait parce que le pétrole arrive à saturation en 2030-2040. Le gaz sera à saturation en 2040-2050, avec quelques zones d'incertitude.

Théoriquement, sur le papier, il existe suffisamment de renouvelables, mais pas où il faudrait, et avec un coût d'accès et un problème de stockage.

Enfin, nous avons des technologies possibles, des technologies de rupture, mais arriver à diffuser la pile à hydrogène, à utiliser l'énergie solaire directement pour fabriquer l'électricité, c'est aussi un problème de coûts et de géographie.

Le dernier point qui est fondamental et c'est toute la préoccupation que nous avons, en tant que citoyen ou consommateur, quelle énergie pour demain ?

➤ **Les comportements des citoyens et des consommateurs**

Si on a un comportement citoyen comme Mme Loyola DE PALACIO qui dit : *"L'énergie renouvelable... renforcer la sécurité du système énergétique et promouvoir la cohésion sociale et économique"*, nous sommes tous d'accord avec ses propos. Si nous ne sommes pas d'accord, notre présence ici n'est pas utile.

Mais qu'est-ce que cela veut dire ? Il faut faire des choix, il faut financer, subventionner l'énergie renouvelable, peut-être, mais dans quels pays ? L'OCDE pourra peut-être le faire, mais l'Inde et la Chine ne le feront pas.

C'est un peu caricatural, mais si on a un comportement de consommateur, on cherche la simplicité. Ici, nous avons un exemple : Je ne veux pas sept types de prises de courant, cinq batteries différentes. Il est vrai que c'est ce que nous avons un peu aujourd'hui avec nos systèmes informatiques.

On voit bien que nos comportements en tant que citoyens et consommateurs influenceront aussi le prix que nous sommes prêts à payer pour avoir ce contrôle des émissions atmosphériques.

3) **Quels sont les choix possibles ?**

Cette représentation est caricaturale. Je ne peux pas vous dire que le chemin jaune est meilleur que le rouge. C'est simplement une illustration. À partir de l'analyse que nous faisons des facteurs qui contribuent aux besoins, sur les ressources disponibles et sur nos capacités à innover, à ouvrir les marchés et à mettre en concurrence, nous avons deux chemins possibles pour l'avenir, qui donnent pratiquement les mêmes résultats, mais avec quelques nuances.

– Le premier chemin est l'évolution traditionnelle. C'est un peu ce que l'on a fait depuis deux siècles. Nous sommes partis du fossile, pour passer graduellement à une économie qui sera sur le gaz, puis sur les renouvelables.

– Le deuxième chemin que j'ai indiqué en jaune -oubliez le terme anglais, mais il faut retenir que c'est de la révolution technologique-, c'est essentiellement une économie fondée sur l'hydrogène.

Voilà les deux chemins possibles : une évolution du fossile vers le renouvelable, avec un parcours assez chaotique. Le deuxième chemin possible, c'est l'hydrogène avec tout ce que cela implique derrière.

Nous allons regarder maintenant ces deux chemins. Qu'est-ce que cela veut dire et quelles sont les grandes conclusions ?

➤ **L'évolution traditionnelle**

Il est important de regarder les tendances. Pour le premier chemin, nous voyons que le scénario est assez divers : Beaucoup d'énergies sont mises en œuvre. Un *mix* d'énergies sera utilisé pour répondre aux besoins. C'est d'une très grande complexité, avec un point d'interrogation vers les années 2025-2030, j'y reviendrai.

C'est un scénario évolutif. On a, bien sûr, des énergies renouvelables -et on commence à le voir aujourd'hui, car il existe des objectifs volontaristes-, qui vont de plus en plus contribuer à la couverture des besoins énergétiques. Retenez un chiffre, peut-être le seul à garder de cette aide visuelle, c'est qu'en 2050, les énergies dites renouvelables représenteront un tiers de la couverture en besoins énergétiques.

Autre point fondamental de ce scénario, qu'on retrouve aussi dans les scénarios de rupture, c'est que le pétrole arrive à saturation dans les années 2030-2040 et que le gaz, vers 2030, joue un rôle aussi important que le pétrole. C'est le deuxième chiffre clé.

Pour le nucléaire, qui est en blanc, il s'agit davantage de problèmes sociaux, environnementaux. Je pense que les pouvoirs publics ont un rôle à jouer, mais, globalement, ce scénario répond aux besoins, donc donne un poids plus important au pétrole et un poids considérable aux renouvelables à partir de 2050. Mais il y a un passage extrêmement difficile et chaotique vers 2025.

En 2025, on a un choix fondamental à faire : Est-ce qu'on continue sur les renouvelables ? Si oui, il est besoin d'une nouvelle impulsion parce qu'on touche aux problèmes de coûts et de stockage. Il faut qu'il y ait une impulsion des pouvoirs publics pour les renouvelables.

Le gaz pose aussi le problème fondamental de la sécurité des infrastructures. Est-ce qu'on est prêt à continuer à investir dans des zones à hauts risques ?

Au niveau du nucléaire, on est en fin de durée de vie des installations existantes. Est-ce qu'on a le courage de repartir sur une nouvelle centrale, voire sur des nouvelles technologies du nucléaire ? Je crois que nous avons des spécialistes dans la salle.

Il est très clair que, en 2025, on assiste vraiment à un choc fondamental. Cette évolution qui semble un chemin facile, est extrêmement complexe à partir de 2025.

➤ **La révolution technologique, l'hydrogène**

L'autre scénario est satisfaisant sur le plan intellectuel. Il repose essentiellement sur la technologie de l'hydrogène. C'est un scénario qui répondra aux besoins, mais qui implique aussi des changements fondamentaux dès aujourd'hui. En effet, c'est le consommateur qui nous aidera, qui tirera ce scénario en disant qu'il a besoin d'un système simple, qu'il veut de la mobilité pour ses véhicules. Donc, on a une transition assez rapide des carburants vers l'hydrogène.

Vers 2010-2015 (l'hydrogène est en rouge, dans le bas), on est toujours dans le scénario où le pétrole s'épuise, mais comme l'hydrogène remplace le pétrole pour tout ce qui est carburant, mobilité, on a moins besoin de pétrole. Le gaz continue à être la colonne vertébrale parce qu'il existe, qu'il est propre. Sauf problèmes de sécurité, il continuera à assurer une part majeure.

Vers les années 2030-2040, à nouveau les renouvelables, tirés par l'hydrogène, permettent de répondre à la demande.

Ainsi, dans ce scénario, tout repose sur les choix technologiques en matière d'hydrogène. Je crois que cela mérite un zoom sur l'hydrogène.

On parle beaucoup de piles à combustible. En fait, ce sont les piles à hydrogène. Aujourd'hui, ces fameuses PAC, piles à hydrogène ou piles à combustible, sont très chères. On pense que le coût d'une pile de fabrication artisanale est plutôt aux alentours de 3 500 dollars par kilowattheure. On est donc très au-dessus du prix des turbines à gaz. C'est fondamental : Si on arrive à passer en dessous du prix du kilowattheure d'une turbine à gaz, alors, on aura une utilisation industrielle de l'hydrogène. A ce moment seulement, on pourra passer à l'utilisation de l'hydrogène pour le transport parce qu'on aura la masse critique et on aura réduit les coûts.

On peut y arriver, selon moi. Vers 2010-2015, l'hydrogène peut commencer à être utilisé dans les transports pour remplacer les carburants. C'est le choix fondamental.

Je rappelle qu'il faudra soit des grands industriels, soit une impulsion des pouvoirs publics pour donner la priorité à l'hydrogène par rapport à une production traditionnelle. L'hydrogène peut être utilisé dans trois domaines :

- les transports,
- le chauffage,
- la production d'électricité.

Voilà quel est le grand choix au niveau des pouvoirs publics pour le scénario de rupture technologique.

➤ **Les points communs**

Dans les deux scénarios, il existe des points communs :

- Le premier point, et je crois que c'est l'un des messages importants aujourd'hui, c'est que le gaz naturel a un rôle fondamental à jouer. Que ce soit la ruée vers le gaz ou le gaz en colonne vertébrale, le gaz "challengera" le pétrole en masse dès les années 2020-2025.

Le pétrole sera soumis à des pressions. Il existe deux pressions sur le pétrole, indépendamment du fait que la production stagnera vers 2030 : D'une part, le progrès qu'on réalise tous les jours sur les moteurs traditionnels. On pense que, dans les dix prochaines années, on arrivera à réduire les consommations des moteurs d'un tiers, ce qui est énorme. D'autre part, si on passe à l'hydrogène, on aura besoin de moins de pétrole.

- Dans les deux cas, je pense qu'on arrivera à mieux répartir la distribution du chauffage, de l'électricité dans les pays qui en ont besoin.

Il est vrai que, si on part sur l'éolien, l'hydrogène ou le solaire, ils sont plus faciles à répartir sur la planète que si on met du gaz, parce que, comme on l'a vu tout à l'heure, le gaz est produit à un endroit et est consommé ailleurs. Si on met de l'hydrogène ou du photovoltaïque dans les pays où on en a besoin, il n'y a pas de problèmes de transport, donc cela donne une certaine souplesse.

- Dernier point, dans les deux cas de figure -mais plus dans le premier, où on est en évolution, avec un soutien des pouvoirs publics-, à partir de 2025, les renouvelables auront un rôle prépondérant. Ce sont 20 %, 30 % ou 40 % des besoins en 2050.

4) **Conclusions**

En conclusion, et c'est la bonne nouvelle, lorsqu'on "mouline" tous ces éléments pour arriver à déterminer quelles sont les émissions de CO₂ en masse, en tonnes, on s'aperçoit qu'on continue à augmenter les émissions de CO₂. C'est logique puisque la demande en besoins énergétiques augmente de deux à trois fois. Mais on constate que, vers 2040, on peut arrêter la croissance du CO₂. On stoppe l'augmentation un peu plus tôt dans le scénario évolutif et on l'arrête plus tard dans le scénario de rupture technologique, mais, dans les deux cas, on l'arrête et, ensuite, on commencera à baisser.

L'avantage des renouvelables est qu'ils produisent moins de CO₂. Dans le cas de l'hydrogène, le CO₂ est capté à la source. Dans les deux cas, nous sommes gagnants. C'est la première bonne nouvelle.

La deuxième bonne nouvelle, c'est que, pour le niveau de concentration de 550 ppmv (parties par million en volume), dont je parlais tout à l'heure, qui était le premier objectif fixé, là aussi on reste en dessous de 550 ppmv.

Qu'est-ce que cela veut dire ? Ce n'est pas une bonne nouvelle. Le fait d'accepter de monter à 550 est dramatique. Aujourd'hui, on est à 370. Hier, au début de la révolution industrielle, on était à 280. Passer de 370 aujourd'hui à 550 en 2050, ce n'est pas neutre. Ce sont deux degrés d'augmentation de la température sur la planète et c'est, suivant qu'on est optimiste ou pessimiste, entre 10 et 50 centimètres d'élévation du niveau des océans. Dans ces scénarios, on reste en dessous de 550 ppmv, mais on est au-dessus du niveau actuel.

Pour l'évolution des prix du pétrole -c'est quelque chose qui touche le cœur des pétroliers !-, je ne vous donnerai pas les prix appliqués en 2050, car c'est en dehors de l'épure volontairement. Mais d'ici 2030, on peut s'attendre, dans le scénario évolutif (la courbe en noir), à ce que, grâce aux progrès accomplis sur les moteurs à injection, on puisse avoir moins de demande de pétrole. Donc, on assistera à une chute des prix, pas aujourd'hui, pas demain matin, mais dans les années 2005-2015. Puis, lorsque les progrès technologiques sur les moteurs seront terminés, on verra arriver la demande globale de la Chine et de l'Inde, ce qui entraînera une remontée des prix du pétrole.

Dans le scénario hydrogène, il est clair que, dès qu'on arrive à mettre en œuvre l'hydrogène, dans les années 2015, on aura une chute dramatique des prix du pétrole puisque c'est l'hydrogène qui fera la différence. Mais on reste exposé à des cycles assez longs. Tous les deux ou quatre ans, on voit bien qu'il existe des cycles d'évolution des prix, sauf que, si on a des éléments géopolitiques comme aujourd'hui, le prix du pétrole peut partir à la hausse pour des raisons totalement déconnectées des fondamentaux.

En conclusion, la bonne nouvelle, c'est qu'on peut arriver à stabiliser les émissions de CO₂ à partir de 2040, qu'on peut rester en dessous de 550 ppmv, mais ce n'est pas neutre en matière d'augmentation de la température et du niveau des mers.

Le gaz joue un rôle important. Ce n'est pas dramatique pour les pétroliers. Je vous ai dit que nous étions multi-énergies : Nous vendons du pétrole, du gaz, nous sommes dans les renouvelables, un peu partout... Autant travailler pour l'avenir !

Un autre point important, et c'est aussi le message, c'est que les États continueront à jouer un rôle important en matière de réorientation à long terme. Il faudra faire des choix énergétiques, à certains moments, en fonction des priorités. Ce qu'il faut éviter, c'est d'avoir des messages qui sont un peu des slogans, en disant : "*Demain matin, on met une taxe ; après-demain, on met une incitation fiscale...*" Je crois qu'il faut que l'on travaille sur le long terme dans un climat qui soit favorable aux initiatives et qui soit aussi relativement stable.

Débat

François GOURDON : Merci, monsieur le Président, de cet exposé magistral sur l'évolution de l'énergie mondiale, avec des hypothèses, en incluant, bien sûr, les énergies renouvelables.

Alain LIEBARD, *Président, Fondation Énergies pour le monde* : Je vous remercie, monsieur, pour cet exposé. Je suis tout à fait d'accord avec vous sur la nécessité d'essayer d'éclairer le grand trou noir de l'avenir. C'est au risque de se tromper quelquefois, mais il est nécessaire d'allumer une petite lumière dans le lointain pour pouvoir guider sa route, ne serait-ce qu'à court terme.

Vous abordez la question des disponibilités en ressources, essentiellement sous l'angle des disponibilités en énergie. Je m'interroge : Est-ce que vous avez prolongé votre travail sous l'angle de la nécessité des besoins en capital ? Toutes ces formes d'énergies ne réclament pas, pour être mises en œuvre, les mêmes investissements. En particulier, certaines réclament des investissements très importants au regard de l'installation de réseaux, quand d'autres en exigent assez peu.

J'ai lu à plusieurs reprises que, si précisément il fallait faire les investissements de réseaux, notamment pour alimenter les populations urbaines, la disponibilité en capital au niveau de la planète se trouverait complètement "asséchée" pour toute autre forme d'investissement. Est-ce que c'est votre analyse également ?

Vous me permettrez de redresser une petite erreur que vous avez commise, mais qui est assez répandue, juste sur un point assez marginal, c'est le problème des nuisances sonores de l'éolien. Je veux simplement vous dire que, pour qu'une éolienne tourne, il faut du vent. Le vent en tant que tel

émet une certaine nuisance sonore, et le bruit de l'éolienne est toujours inférieur au bruit ambiant du vent. J'espère que vous me pardonnerez cette rectification.

Christian BARMES : Oui, vous avez parfaitement raison, mais il est vrai que cela fait un peu de bruit, quand même.

Le problème que vous soulevez est fondamental. Va-t-on assécher les capacités de financement ? Il est vrai que tout cela a un coût, que ce soit l'hydrogène, le gaz, les renouvelables. Il faudra les mettre en œuvre, mais, honnêtement, nous n'avons pas pris ce problème dans nos modèles. Nous avons supposé qu'on arrivera à générer les capacités de financement pour couvrir les besoins énergétiques en 2050. C'est la réponse la plus courte.

Mais le besoin est considérable. Ce n'est pas neutre et c'est pourquoi j'ai pris la précaution de dire, en particulier en regardant la courbe du gaz, que ce sont des courbes de production et non pas de mise en œuvre. En particulier pour le gaz, beaucoup plus que pour le pétrole, il existe une zone d'incertitude, comme vous l'avez vu, à partir de 2030-2040 parce que les choix qui seront faits sont fondamentaux.

En dehors des éléments de sécurité géopolitiques, il existe aussi des éléments d'infrastructure et de financement qui sont considérables. Pour que le gaz soit amené sur les marchés, il faut prendre des décisions d'investissement vingt ans au préalable. Vous avez parfaitement raison. Ce sera l'un des facteurs à prendre en compte dans la mise en œuvre de cette panoplie de ressources et sans doute l'un de ceux qui limitera les choix.

Anne-Catherine HUSSON, *Rédactrice éditoriale, NOVETHIC* : Vous n'avez pas du tout abordé la question politique qui peut déterminer les choix éventuels d'énergies. Je poserai une seule question sur le Nigeria où, hier, l'une de vos équipes de dix personnes a été enlevée dans l'une de vos filiales, pour des raisons politiques apparemment. Les preneurs d'otages demandent du travail et de l'aide à Shell. Est-ce que vous prenez en compte, dans vos scénarios, le facteur des conditions politiques des pays dans lesquels se trouvent les ressources énergétiques ?

Christian BARMES : Non, nous ne le prenons pas en compte au niveau "micro", mais au niveau des risques. Je suis passé rapidement, mais il est vrai que, dans certains pays, la mise en œuvre de ces ressources dépend de facteurs géopolitiques.

Nous avons pour principe, je l'ai dit dans un forum précédent, d'essayer d'influencer les États en étant dans le pays plutôt qu'en étant à l'extérieur. C'est plus facile de faire bouger les choses quand on continue à opérer, à apporter de la richesse, en tout cas à "challenger" le gouvernement qu'en étant à l'extérieur et en disant : "*Non, je ne veux pas investir, tant pis pour vous !*" C'est la position du groupe Shell, indépendamment de certains pays qui sont sur la liste rouge, comme la Birmanie. Nous n'y sommes pas et nous n'irons pas tant que la situation dans le domaine des droits de l'homme ne se sera pas améliorée. Notre position, lorsque nous sommes présents, est de faire évoluer les choses.

Il est vrai que le facteur géopolitique entre en ligne de compte pour réaliser des investissements. Cela correspond à la question de Monsieur. C'est la capacité du système financier, mais ce sont aussi les risques que nous sommes prêts à prendre pour investir dans ces pays.

Vous parliez du Nigeria, mais ce n'est pas le seul pays. Vous avez l'Iran ou le Turkménistan demain matin ou le Kazakhstan après-demain, voire la Mongolie-Extérieure. Personne ne sait ce qui se passera dans ces pays dans cinquante ans. L'élément inquiétant est que, pour arriver à amener une ressource d'un point A production, à un point B consommation, il faille traverser des pays, des océans. Cela comporte toujours un risque politique. Il faudra le prendre en compte à un certain moment, ce qui amènera des évolutions chaotiques.

Je préfère ne pas trop parler du Nigeria, car je me suis déjà exprimé sur le sujet.

Edgar BLAUSTEIN, *Chargé de mission, ENERGY 21* : Je voudrais vous remercier pour le remarquable exposé de votre scénario qui fait référence dans le monde énergétique.

J'ai deux commentaires, un côté offre, un côté demande :

– Côté offre, pour les non-spécialistes dans la salle, il serait peut-être intéressant de spécifier que l'hydrogène n'est pas une source d'énergie, mais un vecteur d'énergie. Il faut une source d'énergie pour produire l'hydrogène. Vous avez peu parlé de vos hypothèses. Aujourd'hui, les deux

grands choix sont soit l'utilisation du charbon avec captage de CO₂, mais il existe des problèmes technologiques et économiques ; soit l'utilisation des renouvelables. Il serait intéressant d'expliciter vos hypothèses sur la production de cet hydrogène.

– Côté demande, c'est une question de fond. Il est normal que Shell, qui est producteur et vendeur d'énergies, réponde à une demande. Or, côté pouvoirs publics, la plus grande question aujourd'hui est de savoir si on peut diminuer la quantité d'énergie nécessaire pour produire le niveau de vie auquel nous sommes habitués, auquel les pays en développement voudraient accéder.

Nous savons que différents modèles de développement peuvent conduire à des différences de consommation d'énergie avec un facteur de un à dix. Entre Kyoto et Los Angeles, ce ne sont pas du tout les mêmes intensités énergétiques.

Quelles actions peuvent entreprendre les pouvoirs publics pour diminuer radicalement la consommation d'énergie nécessaire pour produire les services énergétiques dont nous avons besoin ?

Christian Balmes : Sur la production d'hydrogène, vous avez parfaitement raison. Il faut trouver une source, essentiellement le charbon aujourd'hui. On part de l'hypothèse que nous avons suffisamment de possibilités de production d'hydrogène pour répondre aux besoins. C'est pourquoi je l'ai appelé "hydrogène" dans les schémas.

Sur la deuxième question, il est vrai que les pouvoirs publics ont un rôle à jouer. Nous avons volontairement choisi des scénarios contrastés. J'ai parlé d'un scénario citoyen ou d'un scénario consommateur. Dans le scénario citoyen, on voit bien que les pouvoirs publics auront un rôle normatif à jouer. On peut imaginer qu'ils prennent des mesures d'incitation fiscale, des mesures d'écotaxes, des mesures qui changeront les comportements. Mais ce n'est pas au niveau d'un seul pays que cela se passe.

On peut dire que, oui, dans les pays de l'OCDE, on a un raisonnement rationnel, quoique, puisque vous parlez de Kyoto, on sait parfaitement que les États-Unis n'ont pas signé pour des bonnes raisons, sans doute, ou des moins bonnes. On voit déjà que ce n'est pas facile entre pays développés de s'aligner sur des comportements, a fortiori pour les pays en développement. C'est pourquoi j'ai parlé des grandes incertitudes de demain, des 4 milliards d'habitants qui seront en Inde et en Chine. Comment vont-ils se comporter ? Y aura-t-il un système politique qui permettra de fixer les directions, les comportements ? Pourra-t-on dire aux gens : "*Dans les pays développés, chacun a accès à une voiture, mais, en Chine, on va vous donner des autobus.*" C'est un exemple un peu caricatural, mais il est dans le grand choix.

Les pouvoirs publics ont un rôle à jouer, mais on va certainement naviguer entre un scénario de technologie de rupture, un scénario d'évolution, avec des à-coups.

C'est pourquoi, dans un scénario d'évolution, comme les grands choix ne sont pas faits, on prévoit un choc, un "croisement de chemins" comme on dit, en 2025. Là, il faudra bien agir. A force de repousser le problème du nucléaire, des renouvelables parce que cela coûte cher, qu'il faut les stocker, qu'il faut changer les comportements ; à force de dire que le gaz pose un problème de sécurité, de coûts, que les pipelines sont soumis à des risques géopolitiques, à un moment donné, comme on le dit en Australie, "*on verra le mur quand on est le dos au mur*".

Vous avez raison, ce sont de bonnes questions, mais je n'ai pas la réponse aujourd'hui.

Dominique Chauvin, *Chargé d'affaires "développement durable", TotalFinaElf* : Merci bien pour ces projections jusqu'en 2050. Il est toujours intéressant de voir cet exercice, hautement risqué, de prévision.

J'ai toutefois une question sur les deux scénarios. Vos points communs dans les deux scénarios, ce sont les renouvelables qui apparaissent à la fin de la période. Mais la différence entre les deux scénarios est l'introduction de l'hydrogène. On peut se poser la question si ce n'est pas, finalement, quelque chose de transitoire.

Vous mentionnez que l'hydrogène remplacera les carburants. Or, vous savez que l'essentiel du pétrole sera utilisé pour les carburants. Compte tenu des coûts de l'hydrogène, cela n'arrive pas avant 2015. Quelle est la part qui se substituera au pétrole ? Même si les premières voitures sont

annoncées pour 2004, la première question est à horizon 2015-2020. Quelle est la part représentée par l'hydrogène ?

Dans cet esprit, la deuxième question est la suivante : Existe-t-il d'autres énergies qui peuvent avoir un effet de substitution, peut-être plus efficace, aux carburants ? Je pense en particulier aux biocarburants, pour la simple raison qu'actuellement des biocarburants fonctionnent dans les moteurs, sans aucune transformation de quelque nature que ce soit, donc sans investissements particuliers. On estime même que le coût de ces carburants pourrait s'améliorer substantiellement à horizon raisonnable. Est-ce que les biocarburants, à horizon 2015, ne vont pas représenter également, peut-être en compétition, cette substitution possible ?

Enfin, dernier aspect, l'hydrogène est fabriqué à partir d'énergie. Il existe plusieurs filières dont celle du gaz et de l'éthanol. Cela repose donc le problème un peu plus haut, celui des besoins énergétiques. Merci.

Christian BALMES : Les hypothèses qui sont faites donnent, bien sûr, priorité à l'hydrogène. Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura pas de biomasse. Mais l'un des facteurs qui limite la biomasse, ce sont les besoins en terres, en cultures. On va se retrouver, à grande échelle, avec un conflit dans les pays à énorme population, qui veulent accéder au premier stade de l'industrialisation ou de la mobilité.

Je suis d'accord avec vous, je pense qu'on aura la biomasse. Mais l'hydrogène implique un choix fondamental, si on ne passe pas en dessous du coût du kilowattheure de la turbine à gaz, l'hydrogène ne verra jamais le jour. C'est un premier choix fondamental.

Pour les besoins énergétiques, c'est volontairement contrasté. Il est vrai que, pour produire l'hydrogène, il faut une autre source. Si, par exemple, on a une pile à hydrogène et qu'on veut produire de l'hydrogène dans le véhicule pour améliorer sa mobilité, alors, il faut utiliser un carburant traditionnel. On ne fait pas des économies instantanées. Mais, sur une longue période, l'hydrogène réduira énormément les besoins en carburants traditionnels. C'est le grand changement que l'on peut attendre dans un scénario de rupture technologique, mais, vous avez raison, cela ne se fera pas en instantané.

Yves LE BARS, Président, l'ANDRA : Une remarque et une question.

Il a déjà été évoqué l'efficacité énergétique, mais il me semble qu'il peut y avoir des ruptures qui ne soient pas technologiques. Or, on sait beaucoup plus, dans nos sociétés, agir sur un élément technologique que sur un élément d'organisation. J'ai fait de l'urbanisme à une époque et on disait : *"L'eau, le gaz, l'électricité et le transport en commun, c'est cela la société moderne."* Le transport en commun à la maison n'est pas quelque chose qui est actuellement inscrit dans les modes d'organisation. Ce n'est pas une question technologique, c'est de l'ordre du fonctionnement social. C'est une remarque.

Ma question est liée à celle-là. Les États-Unis ont un rôle déterminant dans cette politique. Nous l'avons vu par leur courbe. C'est aussi un grand producteur d'énergie. Comment voyez-vous la tendance des États-Unis dans ce schéma, puisque leur impact sera considérable à tous points de vue ?

Christian BALMES : Il est dommage que mon collègue d'Esso ne soit pas présent aujourd'hui parce que je pense qu'il est mieux placé que moi pour répondre. Quand vous entendez les déclarations du président BUSH, ou que vous voyez la position prise à Kyoto, on ne peut pas blâmer les États-Unis. Ils jouent leur rôle, qui est fondamental dans la recherche technologique. Ils apporteront peut-être une solution. Dans ce domaine, ils sont en pointe. Les grands développements en matière de technologie, dans le solaire, le photovoltaïque, dans l'hydrogène ont lieu aux États-Unis, en particulier en Californie. Je ne connais pas la réponse à votre question.

Tout ce qu'on peut dire, c'est qu'ils auront certainement un rôle fondamental à jouer, mais je vois davantage leur rôle dans les avancées technologiques que dans les avancées traditionnelles.

Bruno COSTES, Délégué aux affaires techniques et environnementales de PSA PEUGEOT CITROËN : On parle beaucoup de transport, donc je m'exprimerai sur ce sujet.

S'agissant de l'utilisation du gaz naturel, notamment pour l'automobile, l'un des problèmes, et vous l'avez noté, c'est de le transporter dans les pipes, etc., car cela fuit, je crois, et consomme beaucoup d'énergie. Il faudrait envisager, dans les pays qui possèdent du gaz, d'avoir des véhicules

qui utiliseraient du gaz. Donc, cela conduirait à avoir une vision mondiale où, finalement, tous les véhicules ne fonctionneraient pas avec le même carburant.

C'est une nouvelle rupture qu'il faut imaginer, notamment pour la Russie, la Chine, peut-être l'Inde, je ne sais pas, mais des zones géographiques qui, tout d'un coup, changeraient de modèle par rapport aux autres plaques continentales. C'est le premier élément.

Vous dites que cela se passera dans les dix, quinze ans à venir et que cela aura un certain temps. Il faudrait peut-être une affectation des énergies par plaque continentale.

Le deuxième point concerne la pile à combustible. C'est un sujet assez troublant pour nous, les constructeurs.

Avec la pile à combustible, nous avons un premier choix de stocker l'hydrogène à bord du véhicule. Ce n'est pas facile à réaliser et c'est dangereux. Le gaz, on n'aime pas beaucoup en général, l'hydrogène, encore moins parce que c'est léger. On stocke finalement peu d'énergie et, de plus, c'est dangereux. Imaginons qu'on arrive à résoudre ce problème et à mettre l'hydrogène à bord du véhicule. Il faudrait alors un système de distribution de l'hydrogène qui se substituerait à celui des carburants d'aujourd'hui, ce qui demanderait des investissements absolument monstrueux. On voit mal comment cela peut se faire.

Une autre solution plus séduisante est d'avoir, à bord du véhicule, un *reformer*, c'est-à-dire une "usine" qui transforme un carburant quelconque en hydrogène pour la pile à combustible.

Cela engendre des problèmes de coûts, bien sûr. D'une part, est-ce que le consommateur est prêt à payer ? D'autre part, on repousse le temps un peu plus loin, car, dans la voiture, on mettrait un autre carburant. Le carburant pourrait être de l'essence –on n'a alors pas fait avancer le "schmilblick"- très pure ou alors l'éthanol, etc.

On a l'impression, avec tout cela, qu'on repousse le problème un peu plus loin, en termes d'énergies. On fait des transformations successives qui amènent à des rendements médiocres mais, globalement, ce n'est pas très satisfaisant. Nous sommes un peu coincés.

Dernier élément, quand on fait de la prospective, on parle de la pile à combustible, de l'hydrogène, etc. On a souvent du mal à projeter les progrès qui sont faits sur le rendement des énergies classiques. Je pense à l'essence, au diesel. On n'aurait pas imaginé, vingt ans auparavant, les progrès qui ont été implémentés aujourd'hui sur ces deux moteurs où on consomme 20-25 % de moins d'énergie qu'hier.

Christian BALMES : Vous avez raison.

Sur le premier point du gaz pour les véhicules, on le fait déjà, vous le savez. Dans certains pays qui ont des ressources en gaz, en particulier la Hollande, beaucoup de véhicules existent. Mais ils se sont aperçus qu'il était plus pratique d'avoir des véhicules où l'on peut passer du gaz au carburant traditionnel c'est une première remarque. Il existe donc aussi des inconvénients au gaz dans les véhicules. De plus, compte tenu de la géographie du gaz, ce n'est pas forcément là que l'on trouvera le plus de véhicules. On se retrouve sur la problématique du gaz et de la répartition géographique.

Sur les deux autres points, je vous remercie de vos remarques qui sont des compléments intéressants.

Teddy FOLLENFANT, *Journaliste RADIO BFM* : J'ai été surpris par une absence, voulue ou non, dans votre discours, monsieur le Président. Vous n'avez pas parlé, pas abordé la filière classique électrique. Je suis tout de même surpris. Est-ce une peur volontaire, involontaire ? Je sais que c'est un phénomène de mode actuellement. Il est de bon ton de ne plus parler de l'énergie nucléaire. A priori, vous l'avez très peu abordée, en disant qu'en 2020-2025, les centrales seraient obsolètes, mais qu'on ne sait pas ce qu'elles deviendront. Cette absence m'a assez surpris.

J'aurais aimé, mais vous étiez tenu par le temps, que vous abordiez en quelques mots ce que vous, votre groupe, vous faites sur le terrain en matière de contribution, de lutte contre l'effet de serre. Avez-vous, par exemple, un marché interne de permis négociables déjà en place, au niveau de tous vos sites de production sur la planète ?

Christian BALMES : L'électricité n'est pas une source d'énergie à proprement parler. C'est le résultat d'un processus de transformation. Ou bien, vous avez des centrales et j'ai parlé des turbines à gaz, ou bien vous avez du nucléaire.

J'ai été prudent sur le nucléaire parce que je pense que nous aurons un problème social, environnemental, politique ou autre. Indépendamment du choix qu'il faut faire, nous avons ensuite les problèmes du traitement des déchets radioactifs. Nous avons des échéances, et la France a une part fondamentale de production d'électricité à partir du parc nucléaire. C'est un sujet que je laisse aux politiques ou aux gens qui sont beaucoup plus spécialistes que moi.

Sur le deuxième sujet, que faisons-nous ? Effectivement, le groupe Shell qui, sur les problèmes de développement durable, d'énergies renouvelables, de gaz à effet de serre, est actif.

Pour l'énergie renouvelable, nous sommes déjà en partenariat avec un certain nombre de constructeurs en Allemagne, aux Etats Unis, sur les problèmes de photovoltaïque, sur les recherches en matière de piles à hydrogène. Nous avons commencé à investir dans le monde dans les éoliennes. Nous sommes dans la biomasse. Nous sommes un peu partout. Nous voyons bien que c'est un secteur dans lequel il faut se positionner. Nous sommes déjà "sortis du bois" et nous avons commencé à investir à peu près 500 millions de dollars, dans le monde entier, dans les énergies renouvelables.

Dans le domaine des gaz à effet de serre et des engagements qu'a pris le groupe Shell, je pense que vous avez une fiche dans le dossier. Nous sommes d'accord pour contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Nous sommes d'accord pour respecter les directives européennes, tout à fait d'accord, en France, pour prendre des engagements volontaires qui permettent de réduire les émissions. Compte tenu des spécificités du raffinage en France, il n'est pas possible de réduire les émissions en tonnes, car nous avons des problèmes de spécifications européennes. Cependant, nous sommes prêts à prendre des engagements spécifiques de réduction par rapport aux sorties de raffinerie. Nous sommes d'accord sur le principe. Nous avons d'ailleurs fait des propositions au ministère de l'Environnement.

En revanche, nous ne sommes pas d'accord pour que le système de sanctions que le ministère prévoit aboutisse à une pénalisation de la compétitivité de l'industrie du raffinage, en particulier des raffineries par rapport à l'Europe. Si en France, on met des sanctions, mais qu'il n'y en a pas dans les autres pays d'Europe... vous imaginez le résultat des courses !

Sur ces problèmes d'engagement de réduction de gaz à effet de serre, nous sommes tout à fait partie prenante. Les systèmes de permis d'émission en France, que vous avez abordés, n'existent pas, mais ils existent déjà en Europe. Nous venons de démarrer et nous sommes partie prenante dans un système qui est en place en Angleterre. Pour répondre à votre question : Oui, mais nous ne sommes pas les seuls. Aujourd'hui, je suis positionné en tant que président de Shell France. Donc, je pourrais vous parler en tant que président d'industrie pétrolière et mes collègues de TFE seraient capables de vous dire que nous avons la même position.

Dominique GANIAGE, Déléguée "environnement" EDF : Vous avez présenté un scénario qui a quand même une conséquence très précise : l'augmentation considérable des émissions de CO₂ dans l'atmosphère. En avez-vous fait l'analyse économique et d'acceptation sociale et politique ?

Christian BALMES : L'analyse économique, oui indirectement, puisque je pense que les réponses que nous apportons tiennent compte des éléments économiques. Pour l'acceptation sociale et politique, le chiffre de 550 ppmv n'a pas été inventé par Shell, mais il est communément admis par le Groupe intergouvernemental d'experts sur les évolutions climatiques, le GIEC. Ce sont eux qui ont fixé le chiffre. Je pense que cela répond à votre question.

François GOURDON : J'avais une question sur les scénarios. Des personnes de Total, d'EDF, de Gaz de France sont présentes ici. Je me rappelle que Pierre GADONEIX était venu il y a deux ans et avait dit que le gaz était l'énergie du XXI^e siècle -on n'y était pas encore- et donc je pense qu'il parlait jusqu'à 2040.

Est-ce que vous vous concertez avec vos collègues ? Est-ce que, sur ces scénarios, ces hypothèses, vous partagez a priori à peu près tous un consensus sur ces courbes, ou alors existe-t-il des différences complètes d'évaluation de la part d'autres acteurs, Gaz de France ou EDF ?

Christian BALMES : Non, il n'y a pas de concertation à proprement parler en France. Je pense qu'on fait appel à des groupes d'experts. EDF ou GDF ont certainement les mêmes, donc il existe un consensus de fait. Nous partageons les mêmes éléments d'analyse et nous arrivons aux mêmes conclusions. Je ne vais pas voir le président de Gaz de France pour lui demander s'il est d'accord. Nous nous voyons régulièrement quand même.

François GOURDON : Vous avez un consensus sur les résultats quand même ?

Christian BALMES : Je pense qu'il existe un consensus. Vous n'êtes pas surpris de voir qu'on met le gaz en première ligne, avant le pétrole, en 2030 ? Nous avons tous la même lecture des faits.

Paul SCHWACH, *Directeur des Affaires économiques et internationales au ministère de l'Équipement* : J'étais moi aussi très intéressé par votre présentation, vos scénarios, mais un tout petit peu frustré par leur caractère très global.

Dans les politiques publiques en matière d'énergie, de lutte contre le changement climatique, on distingue souvent trois segments, à tort ou à raison, parce qu'ils sont interconnectés : l'industrie, l'habitat et le tertiaire et puis les transports. Est-ce que vous avez un peu décliné ce scénario global selon des segments de ce type ? Est-ce qu'il y a des segments pour lesquels les difficultés seront plus grandes que pour d'autres ? On pense évidemment aux transports, avec le problème de la mobilité.

Est-ce que, selon les cas, certaines des sources d'énergie que vous prévoyez seront plus utilisées dans l'un des segments que dans d'autres ? J'aimerais avoir votre sentiment sur le rapport besoins/offre par rapport à cette segmentation.

Christian BALMES : C'est une question très pertinente, mais je donnerai des éléments de réponse très rapidement. Il est vrai qu'il faudrait pouvoir aller au niveau du détail comme vous le souhaitez.

Je pense qu'un des éléments clés dans ce qui se passera, ce sont des changements fondamentaux dans le transport, dans la mobilité. C'est un peu ce qui a fait l'objet du débat. Pour nous, c'est le débat fondamental. Compte tenu du fait qu'on arrive à saturation de la production de pétrole en 2030-2040, il faut faire quelque chose. C'est sous cet angle-là que j'ai présenté, mais il faudrait effectivement aller un peu plus dans le détail, par secteur d'activité.

L'autre secteur fondamental qui sera affecté, c'est le secteur du chauffage. On peut imaginer que si on fait des progrès en matière de coût et de stockage de cette énergie solaire, voire des piles à combustible, on arriverait à des gains fondamentaux pour le chauffage.

Cependant, mon propos portait davantage sur le transport, du fait qu'aujourd'hui nous n'avons pas d'alternative, à part la biomasse ou le gaz, mais c'est marginal. Nous n'avons pas d'alternative aux carburants traditionnels, aux carburants fossiles.

Jean LEBEGUE, *Vice-président de l'AFITE* : Ces deux dernières années, on a commencé à parler très sérieusement de la séquestration du CO₂. Or, quel avenir prévoyez-vous à cette séquestration, en particulier, est-ce qu'à cinquante ans, on peut arriver à diminuer les 550 ppmv que vous nous prévoyez ? Ou est-ce que c'est vraiment 0,5 % ?

Christian BALMES : Je pense qu'on arrive à faire des progrès considérables de séquestration dans les scénarios d'hydrogène, car là, effectivement le CO₂ est capté à la source. Dans le scénario d'évolution, on a moins de séquestration à la source.

Vous trouverez, peut-être un peu plus de détail dans les documents que nous distribuons.

Yves CARISTAN, *Directeur général du BRGM* : Vous avez montré, concernant les ressources théoriques, une partie géothermique tout à fait substantielle. Puis, ensuite, elle a disparu de vos scénarios. Vous venez d'évoquer de nouveau les questions de chauffage. Je pense qu'il existe peut-être une utilisation de la ressource géothermique pour des ressources électriques industrielles, mais aussi en termes de chauffage. Quelle est votre position ?

Christian BALMES : Nous ne l'avons pas évoqué volontairement parce que ce que nous avons cherché, surtout dans les scénarios contrastés, c'était d'avoir une production décentralisée de l'énergie pour le chauffage. Nous pensons que la géothermie ne répond pas à ce besoin. C'est pourquoi elle n'a pas un poids visible dans le scénario.

François GOURDON : Je vous remercie de nous avoir donné tous ces éléments.

Le prochain petit déjeuner sera avec Bettina LAVILLE, le 16 avril. Elle était chargée à Matignon du développement durable et de l'environnement. Elle est maintenant au Conseil d'État. Ce fut l'une des fondatrices du Comité 21.
