

**Compte-rendu de la réunion  
du 4 novembre 2010 (Domaine de Vert-Mont)  
« Groupe Prospective Transition Energie et Société »**

## Présentation du Groupe

- Domaine couvert :

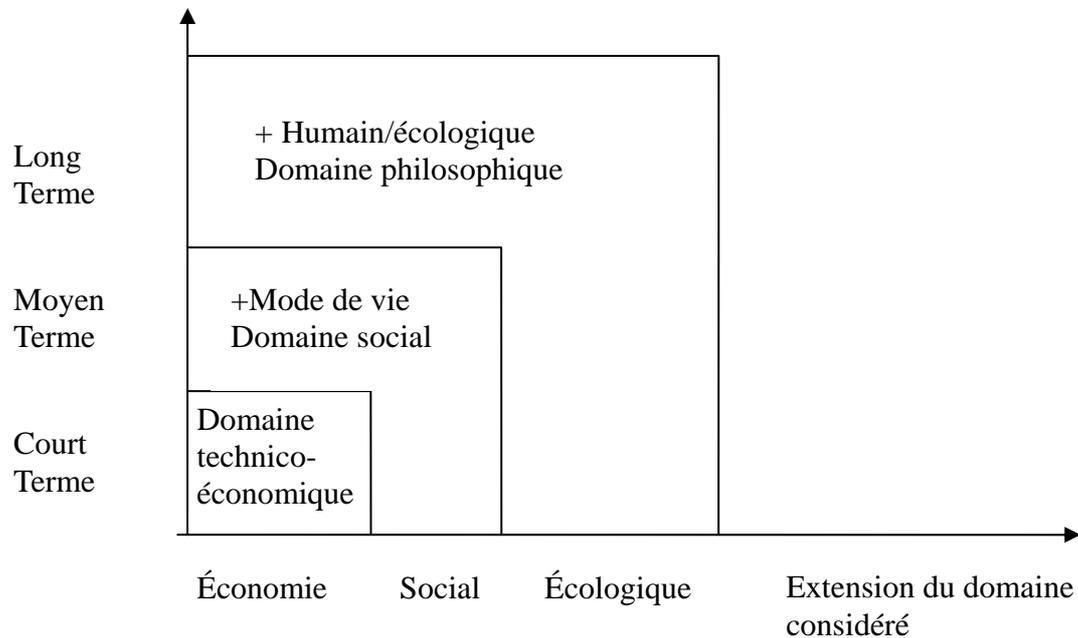


Figure 1 – Domaines d'extension de l'analyse prospective

La question du long terme se pose pour la première fois à l'échelle planétaire. Dès le début du 20<sup>ème</sup> siècle, l'impact des activités humaines sur l'environnement commence à devenir important, du fait de la progression démographique et des développements technologiques.

- Suivant les domaines d'extension présentés sur la figure 1, la démarche proposée va consister à examiner successivement les thèmes suivants :
  - ✚ Scénario d'évolution du secteur de l'énergie à l'horizon 2030 et au-delà.
  - ✚ Ruptures technologique susceptibles de modifier les tendances observées actuellement
  - ✚ Aspirations et modes de vie, qui conditionnent les besoins en énergie.
  - ✚ Vision globale d'un avenir énergétique à long terme, pour répondre aux besoins de la société de demain.
- Les démarches *bottom up* (partir des données actuelles) et *top down* (définir où veut aller et voir comment on pourrait y parvenir) sont toutes deux nécessaires.
- Plutôt que de chercher à apporter des réponses, il s'agit de faire émerger les bonnes questions.
- La limitation des ressources en énergies fossiles ainsi que les contraintes environnementales et en tout premier lieu de réchauffement climatique, font peser de graves incertitudes sur l'avenir. La capacité des énergies alternatives (renouvelables, nucléaire) à assurer la transition énergétique, fait encore l'objet de débats. La question de savoir comment l'offre d'énergie pourra être assurée à l'horizon 2030 et au-delà, représente donc un enjeu capital.

## Exposé (Bruno Weymuller)

- Il va devenir de plus en plus difficile d'assurer la demande d'énergie. Malgré une certaine inflexion, cette demande continue à progresser. La situation des pays en voie de développement risque de devenir de plus en plus difficile. En outre, les différentes formes d'énergie ne sont pas totalement substituables.
- L'OCDE va connaître une croissance relativement réduite. La demande d'énergie à long terme est portée par la croissance du PIB mondial et celle de la population. Il existe un lien très fort entre consommation énergétique et développement économique, surtout au cours de la phase secondaire de développement de l'industrie.
- La demande d'énergie est contrôlée par le niveau de la population, la croissance économique et l'intensité de la consommation énergétique. La question se pose d'une stabilisation démographique à long terme. Malgré la crise récente, la croissance économique se maintient globalement dans le monde entre 3 et 4%. L'intensité énergétique est censée s'améliorer, comme on a pu l'observer au sein de l'OCDE, mais des incertitudes demeurent. On observe une forte disparité entre les pays en voie de développement et les pays industrialisés, avec un ralentissement de la progression du PIB au sein de la zone OCDE et un accroissement beaucoup plus rapide hors OCDE.
- Dans le secteur des transports terrestres et aériens, 98% des besoins sont assurés par le pétrole. Les besoins futurs seront difficiles à assurer. La voiture électrique avec batterie, apporte une solution au problème de la pollution des villes, mais n'élimine pas la dépendance vis à vis du pétrole.
- Les réserves de pétrole et de gaz restent importantes. Les sables asphaltiques du Canada représentent des ressources considérables, mais posent d'importants problèmes économiques et environnementaux. Il existe aussi de vastes ressources de gaz non conventionnel sous forme, de gaz piégé dans les veines de charbon, de gaz de schiste et d'hydrates.
- Il devient de plus en plus difficile aux compagnies internationales d'accéder aux réserves détenues par les pays producteurs. Venezuela, Irak, Russie, Chine ne sont pas très ouverts aux investissements étrangers. Les facteurs géopolitiques jouent un rôle très important.
- La production de pétrole risque d'être limitée à environ 95 Mb/jour d'ici 2020, en raison de contraintes politiques et industrielles. Les compagnies internationales sont chassées des zones d'extraction facile par les compagnies nationales. Des difficultés d'approvisionnement risquent de se produire vers 2020, c'est à dire bien avant l'épuisement des réserves.

- Aux Etats-Unis, les gaz non conventionnels et notamment les gaz de schistes, sont produits avec des technologies déjà connues.
- Compte tenu des limites de la production domestique, les besoins d'importation vont croître en Asie et en Europe, avec un risque de tension sur les approvisionnements.
- Les réserves de charbon sont importantes et il ne paraît pas très vraisemblable que des pays assoiffés d'énergie passent à côté de la production domestique de charbon. Se pose alors le problème de savoir comment stocker le CO<sub>2</sub> produit. Il n'est pas facile de trouver un site de stockage approprié, et les sites disponibles risquent de ne pas se trouver au bon endroit. Installer un gazoduc pour faire passer du CO<sub>2</sub> est aussi difficile que faire passer une ligne électrique.
- La fourniture d'énergie décarbonée est limitée. La progression du nucléaire est actuellement relativement lente. En ce qui concerne les renouvelables, dont l'énergie ex-biomasse, il faut poursuivre les efforts, mais on ne prévoit pas de contribution massive dans les prochaines années.
- La croissance des émissions de CO<sub>2</sub> reste forte sur toute la période 1980-2030. La Chine a déjà dépassé les Etats-Unis en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>. La combustion du charbon constitue 70% des émissions de CO<sub>2</sub>. En Inde et en Chine, l'électricité est produite majoritairement à partir de charbon. Le secteur des transports se développe dans le monde sans vraie solution de substitution aux carburants pétroliers.
- Compte tenu de l'ensemble des incertitudes et des différents facteurs à prendre en compte, les économies d'énergie apparaissent comme la priorité. Les incitations réglementaires et économiques actuelles ne se situent pas toutefois à un niveau suffisant.
- Il se pose un problème de gouvernance et de relations internationales. Les puissances publiques ont un rôle important de régulation à jouer vis-à-vis des mécanismes de marché.

## Le débat : thèmes abordés

- Notre civilisation est bâtie sur le pétrole, comme la civilisation des *inuits* l'était sur le phoque. Toute notre économie, y compris notre agriculture, est fondée sur le pétrole. Les enjeux du pétrole ne sont pas seulement économiques et techniques, mais représentent aussi un enjeu de civilisation sous tous ses aspects humains, sociologiques et philosophiques.
- On ne peut pas construire une civilisation sur une ressource rare. Il est par exemple impossible d'imaginer une civilisation de l'or. L'exploitation massive d'une ressource rare dont dépend l'économie conduit à une disparition de la civilisation. Le pétrole, qui était abondant, tend à devenir rare, ce qui met en cause toute l'organisation de notre société.
- La demande croissante d'énergie liée à la démographie et à l'augmentation du niveau de vie, notamment dans les pays émergents, va être de plus en plus difficile à satisfaire. Certains acteurs spéculent sur une augmentation des cours, précipitant la situation.
- Le système économique actuel est basé sur la notion de croissance. On ne sait pas gérer de manière satisfaisante une économie de stagflation. La sobriété va donc être difficile à promouvoir.
- Des incertitudes existent en ce qui concerne l'offre, qui est marquée par une faible élasticité vis-à-vis des prix. La plus grande partie de la rente revient aux états. La demande est de son côté peu élastique vis à vis des prix. Lorsque le pétrole a augmenté il y a quelques années, on n'a pas observé une réduction de la demande. Les mécanismes administratifs et fiscaux mis en place ont fréquemment un effet négatif : subventions dans les pays émergents, absence de taxes aux Etats-Unis. En France, compte-tenu du montant des taxes qui représentent 70% du prix des carburants, l'augmentation du prix du baril est beaucoup moins ressentie par le consommateur.
- On se trouve confronté à un problème de régulation. On ne cherche pas le pétrole là où c'est facile, mais au contraire là où c'est difficile, par exemple en mer de Barents, malgré les difficultés de négociation avec la Russie. Le signal prix ne fonctionne pas bien actuellement. Des mécanismes de régulation inappropriés peuvent conduire à des décisions erronées. Ainsi, cela fait dix ans que l'on n'investit plus dans les barrages, avec potentiel de récupération d'énergie, alors que les besoins prévisibles sont très importants. Les coûts de reprise imposés pour l'électricité produite à partir de sources alternatives peuvent introduire un écart croissant entre le prix payé par le consommateur et le coût pour la collectivité. Par ailleurs la libéralisation des marchés ne facilite pas la prise de décision en ce qui concerne les investissements nécessaires pour l'avenir.

- Le mécanisme de marché a fonctionné dans le domaine des gaz non conventionnels aux Etats-Unis. Le travail technique effectué par les pétroliers indépendants il y a une quinzaine d'années, n'a rencontré au début aucun intérêt de la part des compagnies internationales. Les gaz non conventionnels ont été encouragés fiscalement aux Etats-Unis, dans un contexte de marché libéralisé, ainsi qu'au Royaume-Uni. Les petits indépendants ont appris à produire du gaz de schiste dans des conditions économiques, en faisant appel aux technologies de fracturation hydraulique et de forage horizontal, qui étaient en principe connues, mais qui ont pu être exploitées avec succès. Cette situation a révolutionné le marché du gaz naturel aux Etats-Unis, qui sont devenus autonomes et ont dépassé la Russie en niveau de production de gaz naturel.
- La technologie repousse les limites dans la production de ressources. Il y a 20 ans, on n'aurait pas cherché le pétrole à 1500 m sous la mer. Aujourd'hui c'est banal. Alors qu'il ya quelques années l'off-shore apparaissait comme la frontière, aujourd'hui ce sont les sables bitumineux et l'Arctique.
- Quand on analyse l'intérêt d'exploiter une ressource, il faut prendre en compte le bilan énergétique et environnemental global. Ainsi, le bilan global d'exploitation d'huile de schiste peut être jugé désastreux. Il faut excaver et concasser des volumes considérables de roche. Dans le cas des sables asphaltiques, il faut dépenser beaucoup d'énergie sous forme de vapeur pour produire l'huile. Le prix ne suffit pas comme indicateur, il faut également analyser le rendement énergétique et le rendement environnemental.
- A l'horizon 2030 : économiser l'énergie est un objectif clé. Une augmentation du prix de l'énergie va favoriser une telle évolution. En 2070, on aura peut-être développé des énergies alternatives à large échelle. La période intermédiaire pose problème. Sans faire de malthusianisme, voit mal comment satisfaire les besoins en énergie de 9 milliards d'êtres humains<sup>1</sup>. Les facteurs culturels jouent un rôle important (par exemple, rôle de la religion en Amérique latine). Le progrès technique intervient également et contribue à réguler la démographie. Ainsi, l'introduction de l'électrification contribue à limiter la démographie, notamment en raison du rôle de la télévision.
- L'efficacité énergétique permet d'améliorer le bilan, mais conduit aussi à des effets rebond en favorisant un accroissement de consommation. Il faut disposer d'un système réglementaire adapté. La définition de standards au sein de l'Union Européenne dans le secteur automobile devrait permettre d'abaisser, les émissions de CO<sub>2</sub> à 130 g ou 120 g/km. Une urbanisation mieux conçue peut également conduire à une société plus sobre en besoins d'énergie pour la mobilité. Toutefois, alors que les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la mobilité plafonnent et même régressent

---

<sup>1</sup> Liens démographie

<http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-11514248>

<http://www.optimumpopulation.org/opt.optimum.html>

dans l'OCDE, ce n'est pas le cas dans les pays émergents, notamment l'Inde et la Chine où les voitures individuelles se développent.

- Les grands chantiers consommant de l'énergie se situent dans les pays émergents, qui ont repris le modèle de consommation du monde occidental et s'efforcent de rattraper les pays les plus avancés. L'intérêt des pays émergents pour les NTIC peut toutefois contribuer à améliorer la situation.
- Pour réduire massivement les émissions de CO<sub>2</sub>, on peut envisager de recourir au captage et stockage de CO<sub>2</sub>, mais différentes questions se posent : disponibilité en réservoirs souterrains de stockage par rapport aux milliards de CO<sub>2</sub> émis, bilan économique de nouvelles installations, consommation supplémentaire d'énergie.
- Les énergies alternatives se heurtent à des obstacles. Malgré le potentiel considérable de l'énergie nucléaire, la production d'électricité dans les centrales nucléaires ne se développe que lentement. La baisse du prix du gaz naturel ne favorise pas le choix du nucléaire. Italie, Angleterre, ont décidé de relancer le nucléaire mais cette évolution se heurte à beaucoup d'inertie. En France, où il s'agit à présent de remplacer progressivement les centrales existantes, maintenir le nucléaire à un niveau constant dans les 15-20 prochaines années va être difficile. L'horizon temporel considéré qui en général ne va pas au-delà de 2030, est devenu trop court pour engager des investissements dont la rentabilité est assurée à long terme.
- Les renouvelables posent également beaucoup de problèmes. La rentabilité des éoliennes et des capteurs solaires reste insuffisante. Les capteurs solaires sont beaucoup moins performants dans les pays du Nord que dans ceux du Sud. Il faudrait développer des infrastructures de transport considérables. Cela pose des questions plus politiques que techniques.
- On se rend compte que l'électricité est sûrement un vecteur majeur du futur. On ne peut pas envisager l'avenir énergétique sans mettre l'électricité au centre du système. Il faut développer les utilisations faisant appel à l'électricité, pour favoriser la pénétration des énergies alternatives à bas niveau carbone. L'électrification de la mobilité va dans ce sens. Reste à trouver de quoi produire l'électricité. C'est le rôle de la transition énergétique. Toutefois, compte-tenu de l'ensemble des solutions disponibles, ce n'est pas la production stationnaire d'électricité qui pose le problème principal. C'est surtout la mobilité qui pose un problème difficile.
- Il faut prendre en compte le potentiel des NTIC pour améliorer les conditions d'utilisation de l'énergie. C'est une des rares technologies qui a tenu ses promesses et qui peut modifier radicalement les besoins de déplacement.
- Il est intéressant de se replonger dans les visions de l'avenir que les écrivains de science-fiction et les futurologues ont élaborées dans le passé et d'observer ce qu'un auteur comme Robida prévoyait au début du XX<sup>ème</sup> siècle, Les visions de précurseurs qui anticipent l'évolution des technologies à venir, aident à concevoir les futurs possibles.

- Notre vision de l'avenir est toutefois moins optimiste que celle qui prédominait il y a un siècle. En 1926, dans le « Journal des voyages » ; Jean Petithuguenin écrivait : « Ne soyons donc pas inquiets : l'épuisement des réserves de houille et de pétrole n'aura pas pour conséquence la fin de la civilisation ; avant qu'elles ne viennent à manquer tout à fait, l'homme aura appris à se servir des immenses ressources que lui offre une nature généreuse »

**1. Prochaine réunion : 8 février 2011 à 16h (Domaine de Vert Mont)**

LES RUPTURES TECHNOLOGIQUES