Semaine 1. La transition énergétique

L'économie des sources renouvelables d'énergies dans les stratégies d'atténuation du changement climatique

Francesco RICCI
Professeur – Université de Montpellier

Aujourd'hui, nous allons traiter ensemble de certains aspects de l'analyse économique du rôle des énergies renouvelables dans les politiques d'atténuation du changement climatique.

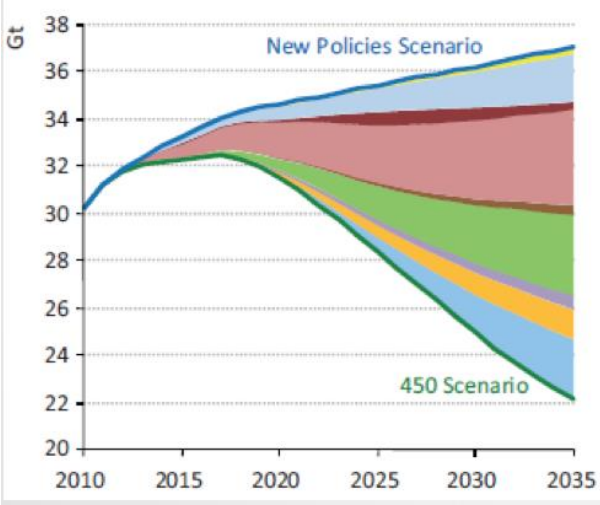
Les systèmes énergétiques aujourd'hui se basent essentiellement sur l'utilisation des énergies fossiles, ce qui génère quelques inquiétudes du fait de leur rareté physique mais aussi du fait que leur usage génère des pollutions notamment une pollution globale liée aux émissions de gaz à effet de serre.

- En effet, si l'on souhaite limiter le réchauffement probable de la température moyenne à la surface à 2°C centigrade, il faudrait suivre une trajectoire d'émission dans les prochaines dizaines d'années qui sera sensiblement inférieure à celle qu'elle va probablement être, liée aux politiques actuellement en place.

Comment peut-on obtenir une telle réduction des émissions de gaz à effet de serre ?

- D'une part et pour la moitié probablement par un effort d'amélioration de l'efficacité énergétique ;

- Et puis, pour un quart, en développant les énergies renouvelables.



CO_2 abatement	2020	2035
Activity	2%	2%
End-use efficiency	18%	13%
Power plant efficiency	3%	2%
Electricity savings	50%	27%
Fuel and technology switching in end-uses	2%	3%
Renewables	15%	23%
Biofuels	2%	4%
Nuclear	5%	8%
CCS	4%	17%
Total (Gt CO_2)	**3.1**	**15.0**

Agence Internationale de l'Energie (2013)

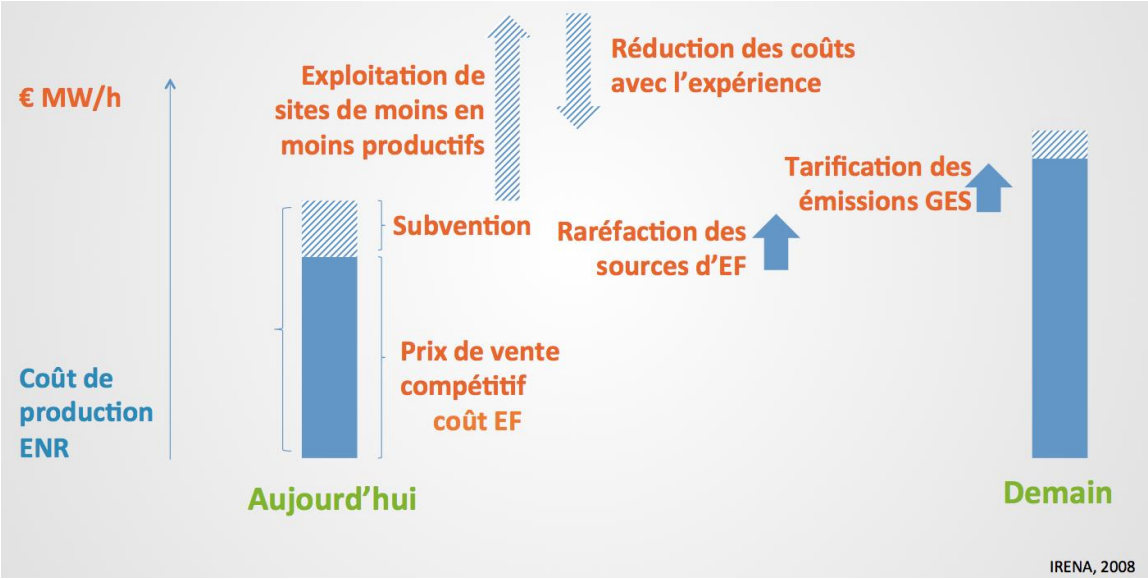
Maintenant, comment peut-on prévoir le développement des énergies renouvelables, étant donné qu'en l'absence de toute intervention de la part des autorités publiques, le coût de production de ces énergies est sensiblement supérieur à celui des sources d'énergie fossile ?

L'intervention publique agit de deux côtés :

- D'une part elle tend à renchérir le coût d'usage des énergies fossiles, par exemple par l'imposition d'une taxe carbone ;
- Et d'autre part à rendre moins cher l'usage des énergies renouvelables et cela en agissant du côté de l'offre de ces énergies, en subventionnant la production directement pour les investissements dans ce secteur ou alors indirectement en rendant très favorables les prix pour le vendeur des énergies produites à partir de sources renouvelables, et puis aussi en stimulant la demande pour les énergies renouvelables.

Un but secondaire de cette politiques est celui de réduire avec le temps le coût de production de ces énergies renouvelables grâce aux économies d'échelle et à l'amélioration des technologies de leur production.

➢ Par exemple, si aujourd'hui les subventions représentées dans ce graphique par l'aire hachurée, comblent le différentiel de coût de production de l'énergie renouvelable par rapport à celles, fossiles, conventionnelles, comment va-t-on voir évaluer ces subventions dans le temps ?



- D'une part, elles tendront à augmenter à cause du fait qu'on aura recours à des sites qui sont relativement moins productifs ;

- D'autre part, on espère que ce coût de production baisse pour les raisons qu'on vient d'illustrer et simultanément, on s'attend à ce que le prix des énergies d'origine fossile augmente du fait de la raréfaction du combustible et aussi de la mise en place de politiques rendant plus cher les émissions de gaz à effet de serre, ce qui à terme devrait conduire, on espère, à une réduction du montant de subventions nécessaires pour développer les énergies renouvelables.

J'aimerais partager avec vous des considérations d'ordre général. Deux considérations d'ordre général :

- La première, il faudrait utiliser avec une certaine précaution le terme qui est tellement en vogue de nos jours, celui de « croissance verte ».

➢ En effet, nous avons vu que la mise en place d'une politique d'atténuation du réchauffement climatique tend à renchérir le coût de l'énergie à court et à moyen terme, ce qui devrait résulter en un ralentissement du taux de croissance du PIB par tête. Mais cela ne pose pas de problème, n'enlève pas du tout la légitimité et l'opportunité d'une telle politique.

➢ Par ailleurs, il faut être conscient que cette politique peut conduire à des conflits d'intérêts puisqu'il y aura des gagnants et des perdants. Et le fait qu'il ne s'agisse pas d'une politique de gagnants – gagnants, nous amène à ma deuxième considération.

- On peut s'interroger sur la durabilité et sur la crédibilité de l'engagement que les autorités publiques ont vis-à-vis de certains des secteurs des énergies renouvelables.

- En effet, dans le secteur des énergies, les investissements sont plutôt du long terme, du coup les décisions sont prises en anticipant l'évolution future des politiques de soutien à ce secteur.

Dans ce graphique, l'aire bleue représente des estimations formulées par l'Agence Internationale de l'Energie, sur le montant des subventions déjà engagées en 2015 et sur les 20 prochaines années de soutien aux énergies renouvelables.

Face à l'importance du coût de ces politiques de soutien, il y a un risque de retournement de ces politiques. Alors, il devient crucial d'utiliser des instruments de soutien qui soient suffisamment flexibles pour pouvoir les adapter aux évolutions qui ne sont pas anticipées du côté de la technologie et de la demande et cela dans un but de limiter le coût global de politique de soutien aux énergies renouvelables et les rendre donc plus crédibles et éviter les effets néfastes sur ces crédibilités d'un renchérissement soudain et non souhaité tel que nous l'avons connu en Europe en ce qui concerne le soutien à la production d'électricité à partir du photovoltaïque et dans le domaine du soutien aux biocarburants.

Nous l'aurons compris, pour rendre crédible dans la durée les politiques publiques de soutien aux énergies renouvelables, il convient de promouvoir un consensus qui doit être issu d'un débat au niveau national et possiblement encadré par un accord international.

Je conclus en soulignant le rôle que jouent les études de prospectives économiques effectuées par des économistes dans les débats politiques qui s'effectuent au niveau des institutions et de la société civile.

- Ces études de prospectives ne constituent pas du tout des prévisions, il s'agit plutôt d'outils, de simulation en fait qui permettent de comparer d'un point de vue quantitatif les effets de différentes options de politique d'atténuation du changement climatique.

- De ce fait, ces études peuvent éclairer les débats politiques et citoyens mais d'autre part, leur complexité rend les acteurs qui participent à ces débats assez hétérogènes dans leur capacité de maîtriser ces études pendant le débat.

Les problèmes économiques posés par l'intermittence d'électricité d'origine éolienne et solaire

Jacques PERCEBOIS
Professeur – Université de Montpellier

Le sujet que je vais aborder porte sur les mécanismes de soutien aux énergies renouvelables, intermittentes, l'éolien, et le solaire - photovoltaïque.

Tous les pays européens et notamment la France s'efforcent de développer ces énergies renouvelables essentiellement parce qu'elles sont décarbonées et qu'elles permettent de lutter contre l'effet de serre.

Alors, si vous regardez, par exemple, les objectifs de la Loi de transition énergétique - qui a été adoptée en première lecture à l'Assemblée Nationale en 2014 -, on constate que le gouvernement souhaite qu'en 2030, les énergies renouvelables - essentiellement d'ailleurs l'éolien et le photovoltaïque -, représentent à peu près 40 % de la production d'électricité.

- Cela contribuera à réduire la consommation d'énergie primaire à l'horizon 2050. On veut la réduire fortement.
- Cela permettra aussi de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

Le problème des énergies renouvelables intermittentes comme l'éolien et le solaire, c'est qu'elles ne sont pas à priori compétitives par rapport à leurs concurrentes. Il faut donc les aider. Il existe plusieurs mécanismes de soutien pour ces énergies renouvelables.

En fait, il existe trois mécanismes de soutien :

- Le premier c'est ce qu'on appelle le système des prix d'achat garantis, les « feed-in-tariffs ».
- Le principe est très simple, le gouvernement oblige un opérateur - en l'occurrence en France, c'est EDF -, le gouvernement oblige EDF à acheter les énergies renouvelables qui sont injectées sur le réseau à un prix qui est fixé par les pouvoirs publics et qui est relativement rémunérateur, ça veut dire beaucoup plus élevé que le prix du marché.

- Il faut savoir qu'il existe un prix du marché de l'électricité, tous les jours il y a un prix heure par heure qui se négocie sur un marché. Et donc le coût de production de ces énergies renouvelables est très supérieur à ce prix de marché.

Donc le principe c'est EDF a l'obligation d'acheter pendant une quinzaine d'années (c'est sur un contrat de longue période) cette électricité renouvelable à un prix relativement rémunérateur. Comme évidemment le prix est très supérieur au prix du marché, le surcoût est mutualisé sur l'ensemble des consommateurs d'électricité à travers une sorte de taxe qu'on appelle la Contribution au Service Public de l'Electricité.

Le problème c'est que cette contribution n'a pas cessé d'augmenter depuis quelques années dans tous les pays européens.

- Le deuxième mécanisme, c'est le système qu'on appelle le système des « feed-in-premium ».

- Cette fois, le mécanisme est différent : les producteurs d'électricité renouvelable ont l'obligation de vendre leur électricité sur le marché donc à un prix qui est relativement bas mais en contrepartie, ils obtiennent un complément sous forme d'une prime qui est soit une prime par mégawattheure - donc en fonction de la quantité d'électricité injectée sur le réseau -, soit une prime qui est par mégawatt c'est-à-dire en fonction de la puissance installée.

- Cette prime peut être fixée, ex-ante ou ex-post, c'est-à-dire qu'elle est connue avant ou elle est fixée après par le gouvernement.

- C'est un système évidemment beaucoup plus souple et qui est moins coûteux.

- Le troisième mécanisme, c'est le système des enchères, le système des appels d'offres.

- Le gouvernement cette fois fixe une quantité d'électricité renouvelable qu'il souhaite voir installée et il procède par appels d'offres en demandant qui est prêt à produire cette électricité et quel est le prix demandé. Bien évidemment, il choisit ceux qui demandent le prix le plus bas et au fur et à mesure, et bien, ils acceptent d'augmenter le prix.

- Donc une fois qu'on a obtenu la quantité qu'on souhaite, la question qui se pose c'est comment rémunérer ceux qui ont injecté ? Il y a deux solutions :

    - Il y a ce qu'on appelle les enchères à la française, c'est-à-dire des enchères à prix limite. Tout le monde reçoit le prix de la dernière offre retenue ou de la dernière offre rejetée donc tout le monde est payé au même niveau.

    - Et puis il y a ce qu'on appelle les enchères discriminantes, les enchères à la hollandaise, c'est-à-dire des enchères qui aboutissent à ce que chacun reçoive le prix qu'il a demandé. Alors ce mécanisme-là est un peu différent dans la mesure où il peut

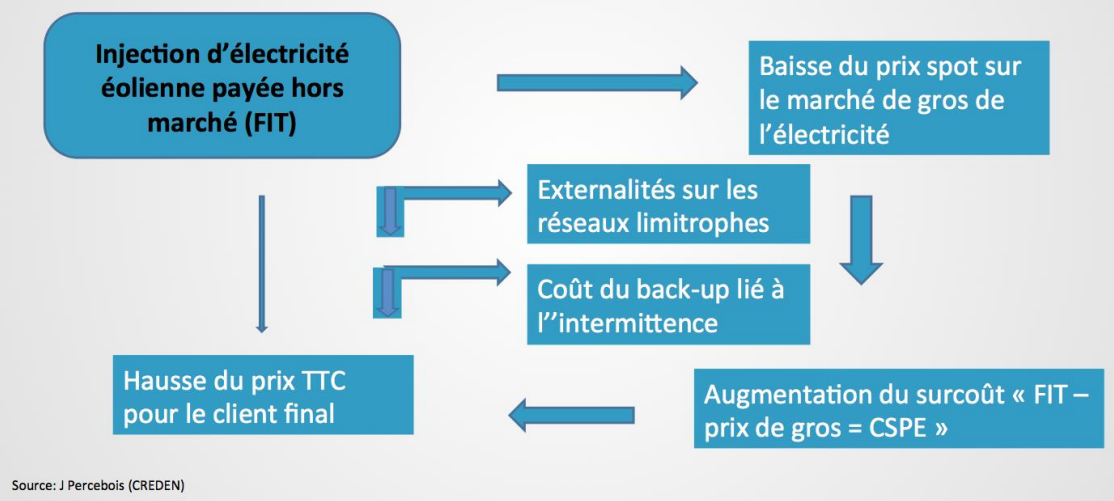
engendrer un certain nombre d'effets pervers parce que certains peuvent par exemple regretter d'avoir demandé un prix trop bas par rapport à leurs concurrents. C'est ce qu'on appelle la malédiction du vainqueur. Vous avez gagné parce que vous avez demandé le prix le plus bas mais en même temps vous vous apercevez que d'autres ont été retenus aussi en demandant un prix plus élevé.

Donc il faut savoir qu'en Europe c'est le premier mécanisme, le système des « feed-in-tariffs » qui a été retenu et ce système a engendré un certain nombre d'effets pervers.

- C'est la raison pour laquelle aujourd'hui dans tous les pays européens, à commencer par l'Allemagne mais aussi la France, l'Espagne, la plupart des pays, on s'aperçoit qu'on va aboutir à une réforme parce qu'il y a eu trop d'effets pervers avec ce mécanisme.

Ce schéma permet de bien comprendre la situation :

- Si vous partez du haut à gauche, vous voyez qu'il y a injection d'électricité renouvelable par exemple éolien ou photovoltaïque.
- Cette injection d'électricité payée hors marché va, si on va vers la droite faire baisser le prix sur le marché SPOT pourquoi ?



- Parce que cette électricité étant payée hors marché, elle est rémunérée en dehors du marché, elle contribue à faire baisser le prix du marché SPOT puisque l'offre est plus importante que la demande.
- Et donc, si ensuite, à partir de la droite on descend, on s'aperçoit que cette baisse des prix sur le marché SPOT fait que le surcoût entre le prix garanti et le prix du marché a tendance à augmenter et ce surcoût va être pris en compte à travers la fameuse Contribution au Service Public de l'Electricité.

- Donc si à partir du bas vous allez vers la gauche, vous vous apercevez que le prix payé par le consommateur final, lui, il va augmenter parce que ce prix comprend la fameuse CSPE.

Donc on a une situation paradoxale, on s'aperçoit que l'injection d'électricité renouvelable fait baisser le prix du marché SPOT mais fait monter le prix TTC, c'est-à-dire le prix toutes taxes comprises payé par le consommateur final.

⇨ Aujourd'hui il faut savoir que la Contribution au Service Public d'Electricité représente à peu près 15 % du prix payé par le consommateur final.

A cela s'ajoutent deux autres effets pervers dont il ne faut pas sous-estimer l'impact :

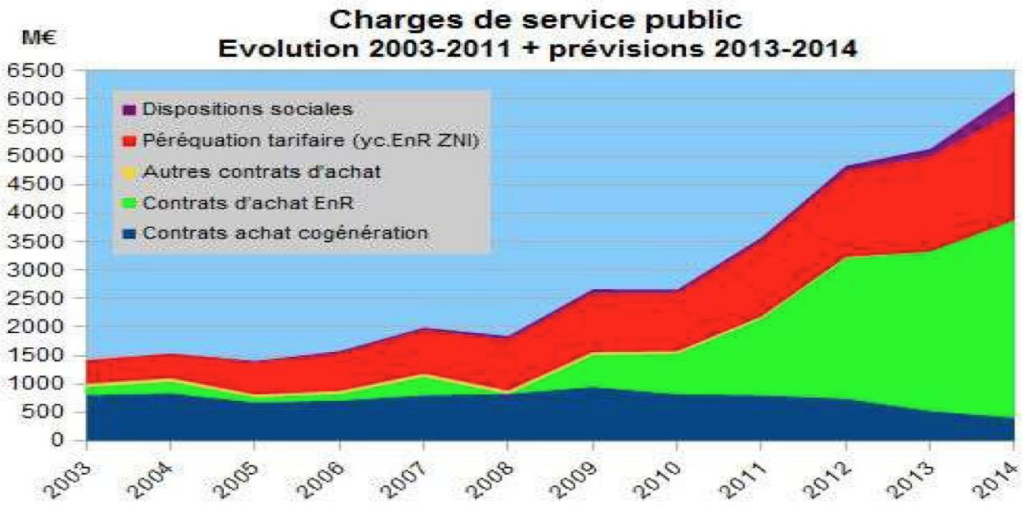
- C'est d'une part les externalités de réseau, le fait qu'on a parfois du mal à évacuer cette électricité intermittente et par conséquent, et bien ça peut engendrer des inconvénients sur le réseau limitrophe.

- Par exemple c'est le cas de l'Allemagne qui a du mal à faire passer l'électricité de la Baltique vers la Bavière et par conséquent ils passent par la Pologne ou la République Tchèque ce qui pose des problèmes aux Tchèques et aux Polonais.

- Un autre effet, c'est le fait que cette électricité éolienne ou solaire, c'est une électricité intermittente.

- Il faut donc prévoir des centrales pour les heures où il n'y a pas de vent ou il n'y a pas de soleil et donc c'est le problème du back-up, il faut donc prévoir des centrales thermiques en appoint pour le cas où il n'y a pas de vent ou il n'y a pas de soleil.

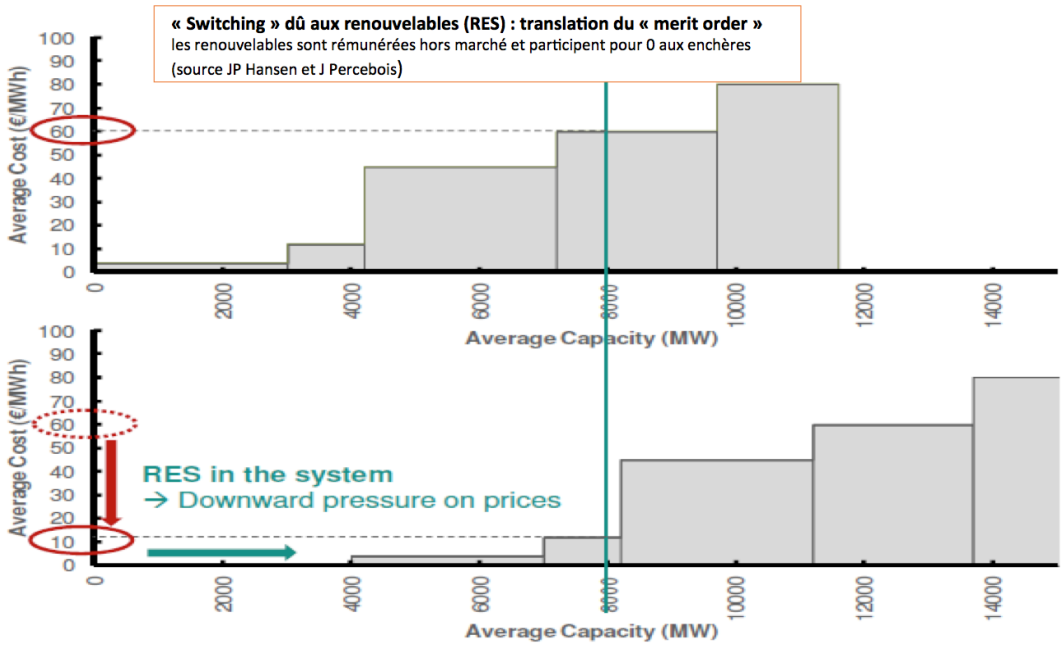
Alors, ce schéma montre que la fameuse Contribution au Service Public de l'Electricité n'a cessé d'augmenter, aujourd'hui elle dépasse les 6,5 milliards d'euros. Alors il faut bien reconnaître que dans la CSPE, tout ne concerne pas l'éolien et le photovoltaïque, une partie de la CSPE est destinée également à couvrir le surcoût dans les régions qui ne sont pas interconnectées, par exemple les régions isolées comme la Corse, comme les DOM-TOM mais 60 % de la CSPE, aujourd'hui, sert à financer le surcoût des renouvelables.



Donc tous les pays européens qui ont été confrontés à ce problème se disent : c'est très bien de développer, d'aider les renouvelables mais il faut modifier le mécanisme qui a été mis en place.

- Alors, l'autre l'effet pervers de ces renouvelables, c'est ce qu'on appelle l'effet de switching. L'effet de switching, c'est un problème de translation.

Dans l'électricité, il y a un grand principe sur le marché, on appelle les centrales par ordre de coût croissant. On commence par les centrales les moins coûteuses.



➢ Donc le schéma du haut montre que c'est d'abord, par exemple, l'électricité hydraulique au fil de l'eau qui est appelée en premier, puis le nucléaire, puis les centrales à charbon, puis les centrales à gaz, puis les turbines à gaz que l'on garde pour la l'appoint éventuellement et les importations.

- Cette électricité éolienne et photovoltaïque est injectée sur le marché, en fait elle est injectée à coût nul, à coût zéro et par conséquent cela fait se déplacer la courbe vers la droite. C'est un phénomène de translation.

- Si bien que le prix d'équilibre qui était relativement élevé, aux alentours mettons de 60-70 € le mégawattheure dans le schéma du haut, tend à baisser fortement dans le schéma du bas à cause de cette électricité excédentaire.

- Et on a même eu des situations paradoxales : on a vu parfois en Europe des prix négatifs, c'est-à-dire qu'il y a tellement d'électricité qu'on ne sait pas quoi en faire.

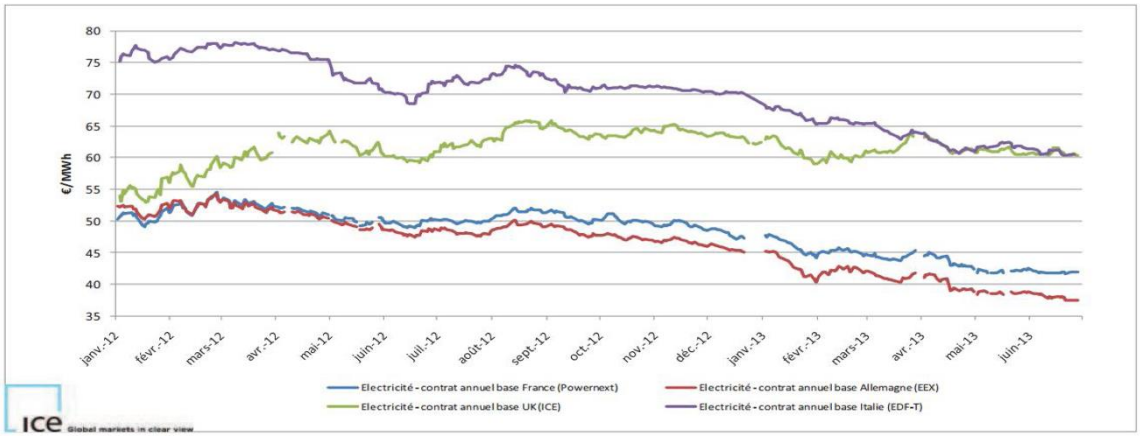
  ⇨ Le gros problème de l'électricité, ne l'oublions pas, c'est qu'on ne sait pas la stocker.

  ⇨ Quand il y a beaucoup trop d'électricité par rapport à la demande et bien parfois, il faut payer quelqu'un pour qu'il vous en débarrasse et donc sur le marché SPOT souvent ce sont les compagnies suisses qui sont payées pour acheter une électricité excédentaire dont on ne sait pas quoi faire.

Alors il ne faut pas dire que les renouvelables sont les seules responsables de cette baisse des prix sur le marché SPOT, il y a une autre raison fondamentale aujourd'hui, c'est la baisse de la demande d'électricité.

⇨ La crise économique a fait qu'on a trop investi dans l'électricité par rapport à la réalité, on s'attendait à une augmentation de la demande et l'augmentation de la demande ne s'est pas produite, par conséquent la demande d'électricité est relativement stable, et parfois même elle a eu tendance à baisser.

Alors, ce graphique montre que dans tous les pays européens les prix SPOT de l'électricité ont chuté.



- Vous avez en bas, en rouge, le prix SPOT sur le marché allemand ;

- Juste au-dessus, en bleu, vous avez le prix en France.

- ⇨ On constate d'ailleurs que le prix allemand est plus bas que le prix français, ce qui peut paraître étonnant. La raison en est qu'en Allemagne, il y a beaucoup trop d'électricité par rapport aux besoins aujourd'hui, ils sont en surcapacité électrique.

- ➢ Alors ensuite vous avez le cas de l'Angleterre et le cas de l'Italie, les prix sont plus élevés mais partout les prix ont tendance à baisser.

- ⇨ Et on voit d'ailleurs que cette baisse des prix sur le marché SPOT a des inconvénients parce que, lorsque la baisse des prix atteint 70 € le mégawattheure, et bien les centrales à gaz ne sont plus compétitives, il faut les fermer.

- ⇨ Lorsque ça descend à 50 € le mégawattheure, 60 € le mégawattheure, il faut fermer les centrales au charbon.

- ⇨ Quand ça descend à 45 €, il faut fermer les centrales oléiques.

- ⇨ Et le prix du marché aujourd'hui est aux alentours de 40 € le mégawattheure et 40 € le mégawattheure, c'est le prix de revient du mégawattheure nucléaire français pour des centrales qui sont amorties.

Par conséquent on a des prix aujourd'hui qui sont au niveau, je dirais, du prix de revient des centrales nucléaires et qui font que les centrales à gaz, les centrales à charbon, souvent ne sont plus compétitives c'est-à-dire qu'on a trop investi et on a un problème avec cette surcapacité.

Quelles sont les réformes possibles ?

- Le premier évidemment, c'est de réduire le niveau des « feed-in-tariffs », les prix d'achat garantis ;

- La deuxième c'est de passer aux « feed-in-premium », donc c'est le système qui, d'ailleurs, devrait être privilégié dans la loi française ;

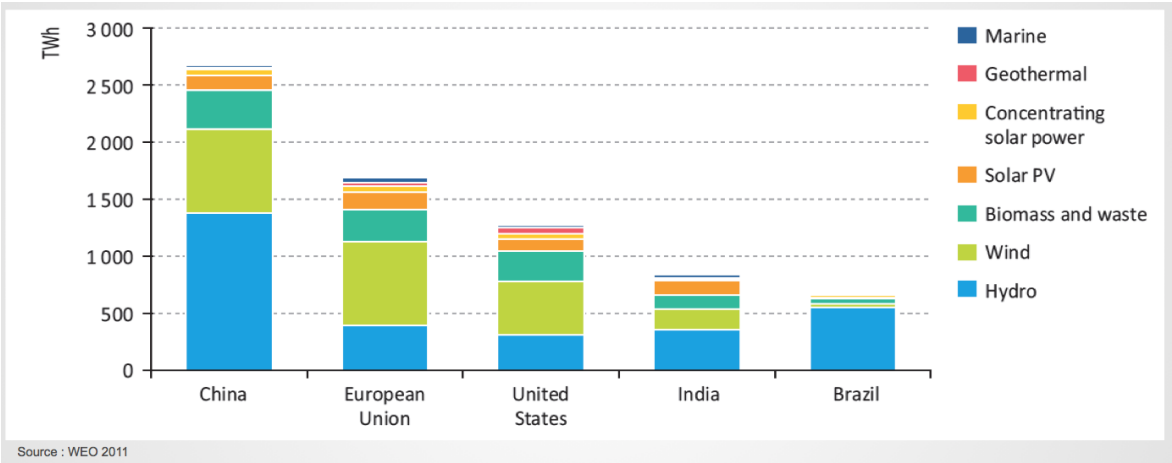
- La troisième solution c'est de procéder par enchères ;

- La quatrième c'est d'inciter ceux qui produisent de l'électricité renouvelable à en consommer une partie ;

- Et la dernière, c'est d'opter pour ce qu'on appelle le « power to gas », c'est-à-dire transformer l'électricité excédentaire en hydrogène, éventuellement en y associant du CO2, obtenir du méthane.

- ➢ Mais cette solution pour l'instant n'est pas techniquement et surtout économiquement très intéressante parce qu'elle n'est pas très compétitive.

Alors, ce qu'on observe à l'échelle internationale c'est que tous les pays aujourd'hui développent les énergies renouvelables, que ce soit le solaire, l'éolien ou la biomasse.



Alors bien sûr le pays qui fait les plus gros efforts parce qu'il a des besoins énormes, c'est la Chine mais on voit que l'Union Européenne est bien placée notamment dans les énergies intermittentes mais aussi les États-Unis, l'Inde ou le Brésil et ce qui est vrai pour ces pays l'est également pour d'autres pays à l'échelle internationale.