TRANSPORT

26,4%
c'est la part du secteur des transport dans les rejets de gaz à effet de serre en France

En 2009, le secteur des transports était responsable en France de 26,4% des émissions de gaz à effet de serre. Les véhicules particuliers totalisant 56,4% de ces émissions. Les transports sont, en effet, fortement dépendants des énergies fossiles, puisque plus de 50% des produits pétroliers consommés dans le monde leurs sont destinés. Le pétrole n'étant ni écologique ni éternel, une révolution dans le secteur des transports s'avère nécessaire. Si les voitures électriques sont d'ores et déjà des prétendantes à la succession des véhicules traditionnels, leur démocratisation créerait un besoin en énergie électrique très important et problématique.

Une alternative possible au pétrole pourrait être l'hydrogène. Suivant l'équation 2 H2 + O2 ⇒ 2 H2O + E, avec E l'énergie libérée, le moteur à hydrogène produit du mouvement (selon une réaction à explosion), et la pile à combustible, de l'électricité (pouvant être utilisée par les voitures par exemple). Le plus grand obstacle à la généralisation d'une telle technologie est la production d'hydrogène. On peut, entre autres, l'extraire d'hydrocarbures fossiles, ce qui ne s'inscrit pas dans une démarche propre ou durable. Beaucoup d'autres moyens de production existent et l'eau est, encore une fois, la clé. Parmi ceux-ci, il y a: des bioréacteurs s'appuyant sur les eaux usées pour produire de l'hydrogène, l'électrolyse de l'eau ou encore la production thermochimique (on utilise alors de l'eau et de la chaleur et non pas de l'électricité comme pour l'électrolyse). Une autre possibilité astucieuse serait de s'inspirer de la photosynthèse, ce que font les cellules photo-électrochimiques qui, exposées à la lumière, décomposent l'eau. Tous ces procédés sont néanmoins encore coûteux et peu efficaces. Tout l'enjeu et le défi résident dans l'équation 2 H2 + O2 =2 H2O. Il faut réussir à l'utiliser dans les deux sens : l'un pour produire de l'hydrogène, l'autre pour produire de l'énergie électrique ou du mouvement à partir d'hydrogène, tout en améliorant le rendement énergétique. Mais si on réussit à démocratiser la production d'hydrogène et à le stocker de façon sécurisée dans des véhicules, l'hydrogène pourrait, à moyen terme, remplacer le pétrole dans nos voitures.

Nous commençons à peine à envisager la transition énergétique à laquelle notre société va devoir faire face. Pour accompagner ce changement, il est envisageable d'exploiter l'hydroélectricité, alliée aux autres énergies renouvelables (solaire, éolien) et aux technologies à hydrogène. Il est certain qu'il faut repenser notre façon de produire l'énergie, de l'utiliser, et de la stocker en attendant qu'un jour, on puisse éventuellement maitriser la fusion nucléaire. Celle-ci pourrait nous emmener plus près de l'idéal que représente une énergie propre, sûre et abondante.

Pour aller plus loin :

http://www.domsweb.org/ecolo/energie-eau.php liste et description des systèmes énergétiques qui exploitent la mer.
http://www.iter.org/fr site officiel de programme international ITER, ayant pour but de prouver la viabilité économique et énergétique de la fusion nucléaire. Et http://www-fusion-magnetique.cea.fr/ pour les ressources en deutérium.
http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr pour les statistiques sur les émissions de GES par le secteur des transports.

LE DEFI APRES FUKUSHIMA L'ASSAINISSEMENT DE L' EAU

Quelques mois après la catastrophe, quelle est la situation à Fukushima? **Eléments de réponse.**

PAR CAMILLE CREUSOT.

Le 11 mars 2011, un tremblement de terre suivi d'un tsunami frappent le Japon entraînant une catastrophe nucléaire des plus violentes. Le système de refroidissement de la centrale de Fukushima est endommagé, ce qui entraîne une série d'accidents et d'explosions accompagnées de fuites radioactives.

Les conséquences de la catastrophe sur l'eau potable

Le 17 mars 2011 le ministère de la Santé et des Affaires Sociales au Japon augmente sensiblement le niveau de sécurité pour la nourriture et l'eau potable. Il décide de faire paraître les valeurs provisoires de niveaux de radioactivité à ne pas dépasser dans les produits agricoles, la viande, le poisson et l'eau. Il exige que les gouvernements locaux arrêtent l'expédition et la distribution de la nourriture et de l'eau dépassant ces nouvelles valeurs, à savoir 100 Bq/Litre[1] pour l'eau potable. Cette limite s'inspire des recommandations internationales en cas d'urgence nucléaire publiées par l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) pour une durée maximale d'un an.

Mais ce n'est que quelques jours plus tard, le 22 mars 2011, que les niveaux de radioactivité dans l'eau sont rendus publics. La station d'épuration de Kanamachi, située à 255 km de Fukushima, a relevé une radioactivité de 210 Bq/Litre[2] pour l'Iode 131. Deux jours plus tard, elle était retombée à 79 Bq/Litre. Ce chiffre reste néanmoins le signe de conséquences dangereuses, voire mortelles, sur le long terme. De plus, les niveaux de Césium 137, radionucléides[3] moins irradiants mais qui ont une période de demi-vie beaucoup plus longue et présentent donc un risque d'exposition aux radiations sur le long terme, n'ont eux pas été publiés.

Ces chiffres, plutôt inquiétants, incitèrent les habitants japonais à ne boire que de l'eau mise en bouteille avant la catastrophe, ou provenant d'autres pays. Dans les jours qui ont suivi l'incident, les rayons d'eau minérale des magasins ont été dévastés par des gens paniqués. En effet, n'oublions pas que la radioactivité est invisible et inodore pour l'être humain. Comment savoir, alors, si l'eau a été correctement décontaminée ou non ?

Photo de la centrale nucléaire de Fukushima, prise avant le tremblement de terre

Comprendre les unités radioactives

Comparons un pommier à une source radioactive et un dormeur sous l'arbre à l'objet qui peut être contaminé.

- Le nombre de pommes tombées (=nombre d'atomes qui émettent un rayonnement) par unité de temps s'associe au Becquerel.

- Cependant, certaines pommes n'atteignent pas le dormeur ou ne lui font aucun effet. Le nombre de pommes ayant créé une blessure au dormeur (=impact sur l'objet contamine) correspond au Sievert. Ainsi cette unité est fonction de la nature du rayonnement (ce qu'on pourrait assimiler à la taille et au poids de la pomme).

Ces chiffres, plutôt inquiétants, incitèrent les habitants japonais à ne boire que de l'eau mise en bouteille avant la catastrophe, ou provenant d'autres pays. Dans les jours qui ont suivi l'incident, les rayons d'eau minérale des magasins ont été dévastés par des gens paniqués. En effet, n'oublions pas que la radioactivité est invisible et inodore pour l'être humain. Comment savoir, alors, si l'eau a été correctement décontaminée ou non ?

Quelques chiffres pour se situer :

- La radioactivité naturelle dans l'eau douce est de 0.1 Bq/L.
- Les mesures de radioactivité relevées en Allemagne et en France à cette époque étaient de 0.5 Bq/Litre.
- La plupart des pays délimitent le niveau de radioactivité à ne pas dépasser dans l'eau à 10 Bq/Litre.
- On peut affirmer qu'il y a danger mortel à partir de 200 Bq/Litre (voire 100 Bq/Litre pour les nourrissons).

Les technologies employées pour la détection et la décontamination.

C'est le lac artificiel de Horai, alimentant 1.5 million de japonais en eau potable, qui fut le plus touché. Situé à 60 kilomètres au nord-est de la centrale, il s'est rempli de particules radioactives, suite à de fortes pluies qui ont suivi l'incident de Fukushima. Plus généralement, le Japon a pu voir récemment le niveau de radioactivité de ses eaux augmenter à cause de la fonte des neiges en hiver. On comprend donc l'importance encore aujourd'hui de pouvoir, d'une part, vérifier la radioactivité présente dans l'eau et, d'autre part, la décontaminer.

CANBERRA

L'entreprise **CANBERRA**, filiale d'AREVA, spécialisée dans la production et la vente d'instruments de mesure nucléaire, a produit en particulier deux types de détecteurs qui ont servi à la surveillance de niveaux de radioactivité dans l'eau :

- Le ***compteur de Geiger-Müller*** surveillant le niveau de rayonnement nucléaire. Ce produit est plus orienté vers la vente aux particuliers. En effet c'est un des détecteurs les moins chers que l'on puisse trouver sur le marché. Les habitants, cherchant à pouvoir vérifier la radioactivité de tout ce qu'ils consommaient (eau, légumes, viandes, ..) n'ont cessé d'en faire augmenter la demande. L'utilisation est simple. Il suffit de placer la sonde du détecteur au-dessus d'un verre d'eau, par exemple (sans le plonger dedans !) pour savoir combien de Becquerels il contient. Il permet aussi d'afficher le nombre de Sievert[4], ce qui est le plus important à savoir si on ne veut pas être contaminé. Malheureusement, ce type de détecteur n'est pas assez précis car il prend aussi en compte la radioactivité ambiante, c'est-a-dire la radioactivité naturelle présente dans l'air.

- Le ***détecteur à cristal de Germanium***, plus performant, a été installé dans toutes les usines de production alimentaire et les stations d'épuration japonaises, et n'est pas destiné à la vente aux particuliers. Il est constitué d'une protection en plomb permettant d'isoler l'élément à mesurer de la radioactivité ambiante. Dans les stations d'épuration, le détecteur est relié à deux tuyaux permettant l'entrée et la sortie de l'eau dans celui-ci, le tout isolé de l'air ambiant. Il fonctionne sous le principe des détecteurs semi-conducteurs. Relié à un ordinateur, chaque détecteur donne en temps réel le niveau de radioactivité en Becquerel, la dose accumulée en Sievert et le débit de dose en Sievert/heure. Les techniciens surveillent en permanence les résultats affichés sous forme graphique ou numérique et, pour assurer une sécurité supplémentaire, une alarme est déclenchée lorsque le niveau de radioactivité dépasse un seuil précédemment réglé par les techniciens.

[1] Bq = Becquerel = unité nucléaire représentant la désintégration d'un noyau radioactif par seconde.
[2] Source : chiffres publies par "Le Point" le 24 Mars 2011
[3] Radionucléides : Atome radioactif pouvant se muter, se transformer en un autre atome.
[4] Sievert : unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur un objet. Les premiers effets sur notre santé commencent à 25 mSv. L'ancienne limite pour les employés d'une centrale était de 50 mSv. L'augmentation significative de risques de cancer commence à 100 mSv. A partir de 5000 mSv, il y a 50% de décès sous trente jours.

La décontamination de l'eau radoactive

En plus de détecter la radioactivité, il faut savoir aussi la réduire. Il n'existe pas de méthodes propres pour décontaminer de l'eau radioactive. Cela dépend de la quantité en jeu et des radio-isotopes présents. Les différents procédés sont :

- La ***filtration*** avec différents milieux filtrants, comme le zeolithe[5].

- Les ***échanges d'ions***, en utilisant des résines poreuses échangeuses d'ions. C'est une technique permettant d'enlever les substances solubles ionisées, donc les radionucléides. Le principe consiste à faire passer l'eau à décontaminer à travers une colonne remplie d'une résine adaptée. Les ions (cations ou anions selon la résine choisie) sont alors échangés entre ceux de la résine et ceux des substances solubles ionisées changeant ainsi toutes ses propriétés radioactives. Ce principe est aussi utilisé pour adoucir l'eau potable, c'est-a-dire enlever les sels de calcium (Ca++) et de magnésium (Mg++).

- Des procédés chimiques de ***précipitation***. La précipitation correspond à la formation d'un solide dans une phase liquide, comme l'eau par exemple. Ce procédé se réalise à l'aide d'un solvant qui va piéger les impuretés du liquide dans les cristaux formés.

- La ***floculation*** en utilisant des agents floculants (aluminium ou fer). Dans la même idée que le procédé de précipitation, les impuretés vont se transformer en flocs (une sorte de flocon), ce qui détruit la stabilité de la solution et entraîne la sédimentation de ces flocs.

Il existe, bien sûr, d'autres méthodes plus ou moins efficaces (évaporation, etc..) selon la situation et le niveau de contamination de l'eau.

Plus de deux ans après le drame, le risque de contamination est encore élevé. En effet l'ASN (Autorité de Sûreté Nucléaire) affirme que le gouvernement devra traiter le problème de l'eau potable pendant encore plusieurs décennies[6]. Néanmoins, la détection de la radioactivité de l'eau n'est pas un problème spécifique au Japon. En effet, bien que les niveaux de radioactivité dans les autres pays soient moins importants qu'au Japon, ils

Un député japonais boit de l'eau courante afin de montrer que le danger est passé.

restent tout de même au-dessus de la radioactivité naturelle de l'eau, en particulier à cause des examens médicaux utilisant les rayons et des rejets industriels.

Ainsi en France, les eaux usées arrivant dans les stations d'épuration des grandes villes sont surveillées, bien que les technologies employées soient moins avancées.

[5]Zeolithe : c'est un minéral utilise pour la filtration de l'eau, en particulier pour épurer l'eau des particules radioactives.
[6]Source : Les Échos : "Fukushima, un problème à traiter pendant des dizaines d'années"

Quand l'eau devient SANG

Comment l'eau, ressource parmi les plus abondantes sur Terre, peut-elle se retrouver au rang d'ennemi public n°1 de la paix dans le monde ? Parmi les ressources en eau de notre planète, seul 1% représente de l'eau douce sous forme liquide, soit tout de même près de 8,5 millions de km3. L'inégale répartition de ce volume, l'amenuisement des ressources, et l'augmentation colossale de la demande mondiale en eau, due à la croissance démographique et aux besoins de l'industrialisation, peuvent en partie expliquer cette étonnante contradiction.

PAR CAROLE CROUZIER

Concrètement, la demande mondiale en eau s'est vue multipliée par six au cours du siècle dernier et plus de 40 % de la population mondiale vit dans les 250 bassins fluviaux transfrontaliers du globe. Ceci impose un partage pour que chaque état puisse répondre à ses besoins.On compte 1,2 milliards de personnes habitant dans des régions en pénurie d'eau, la plupart d'entre elles dans les pays en développement, tandis que les pays riches cherchent à s'accaparer toutes les terres arables, cultivables, disponibles.

Dans le même temps, les organismes internationaux chargés de la gestion de « l'or bleu », véritable enjeu planétaire, peinent à faire avancer le débat, définissant tour à tour l'eau comme « bien commun » (1977), puis comme « bien économique » (1992) et enfin comme « denrée monnayable et chère à courte échéance comme le pétrole » (1997). Des rencontres régulières sont organisées (forum mondial de l'eau, sommets internationaux...) sans toutefois conduire à une décision quant à sa future privatisation, revendiquée par la Commission Mondiale de l'eau, ou à son accès à faible coût, car considérée comme « droit fondamental de l'homme » par les ONG (2000).

C'est dans ce contexte que la molécule d'H_2O a généré plus de 37 conflits durant ces 50 dernières années.

Dans les pays émergents...

Toutes les tensions sont dues à des pays qui s'approprient des pes souterraines, des lacs, des fleuves sans se soucier des besoins en eau de leurs voisins. Ces conflits ne sont pas rares dans les pays émergents où la demande en eau est croissante et les ressources souvent insuffisantes.

L'Afrique ou le partage impossible des ressources en eau

L'Afrique est au premier plan au regard de ces conflits. Au Sénégal, l'Etat envisage de reprendre l'exploitation du fleuve éponyme, laissant le Mali et la Mauritanie en situation de manque d'eau.

Par ailleurs, l'Algérie entretient de froides relations avec la Libye qu'elle soupçonne de pomper dans ses ressources souterraines.

Quant à l'Egypte, qui ne peut s'approvisionner en eau que par l'intermédiaire du Nil, elle est contrainte de partager les ressources offertes par le fleuve avec les dix autres pays du bassin dont le Soudan et l'Ethiopie. Or, l'Ethiopie, située aux sources du Nil, prévoit de construire 36 barrages sur le fleuve. Une situation problématique pour l'Egypte car, concernant l'exploitation partagée d'un cours d'eau, le pays situé en amont en maîtrise le débit et a donc l'avantage. Ainsi, grâce à ces barrages, l'Ethiopie détiendrait un véritable pouvoir économique et politique sur l'Egypte.

De l'eau sous pression à l'échelle mondiale

De même, la Turquie envisage la construction d'une vingtaine d'immenses retenues d'eau sur le Tigre et l'Euphrate, s'emparant ainsi ouvertement des ressources de ses voisins : l'Irak et la Syrie. En outre, l'eau sera là encore un moyen de pression politique puisqu'en cas de conflits avec ces deux pays, la Turquie pourrait envisager de les priver d'eau pour une durée indéterminée.

En Amérique du Sud, on peut également citer la lutte politique entre le Brésil, l'Argentine, le Paraguay et l'Uruguay concernant les négociations de division de la nappe de Guarani qui fait partie du podium des réserves mondiales souterraines d'eau douce.

L'Asie ne fait pas exception : en Chine, la construction de barrages sur le Mékong induit une importante baisse de débit en aval, ce qui non seulement détruit les rizières vietnamiennes mais conduit aussi à l'assèchement de nombre de régions en Thaïlande.

Le Proche Orient, au coeur des conflits armés

Cependant, le conflit majeur où l'eau devient réellement une conquête par les armes est celui qui oppose les pays du Proche-Orient. La Syrie, la Jordanie, Israël et la Palestine se battent pour des réserves infimes d'eau, les fleuves locaux, le Jourdain et le Yarmouk, n'étant plus suffisant pour l'irrigation des terres. La Cisjordanie dispose de grandes nappes phréatiques facilement exploitables : 90% de l'eau pompée dans ces nappes franchit le mur de séparation pour les cultures israéliennes tandis que les palestiniens doivent se contenter des 10% restants. C'est également la Cisjordanie qui donne à Israël le contrôle des eaux du Jourdain au détriment de la Jordanie. Le traité de paix de 1995 entre Israël et Palestine aurait du mettre en place une collaboration entre les deux nations sur la question de l'eau afin que la répartition soit plus équitable. Mais la réalité est toute autre puisque chaque habitant de Tel Aviv ou de Jérusalem consomme 350 litres d'eau par jour en moyenne alors que ce chiffre est en deçà des 20 litres dans les zones occupées. Dans ces états plus que tous autres, les experts parlent véritablement d'une probable future guerre de l'eau.

Un soldat israélien photographie la destruction d'une installation d'irrigation construite par un agriculteur palestinien, près de la colonie juive de Qiryat Arba'a (Hebron), le 8 juin dernier. Prétexte : ces installations ont été construites sans l'autorisation de l'occupant...

...Mais aussi dans les pays développés !

Ils sont dits riches et disposent de plus de moyens pour s'approvisionner en exploitant au mieux leurs ressources, mettre en place des systèmes de traitement de l'eau, et gérer leurs eaux usées. Malgré cela, les pays développés ne sont pas exempts des conflits liés à l'eau.

En 2004, le parlement Européen s'est vu obligé d'intervenir pour apaiser les tensions causées par les réserves en eau communes entre la Grèce, la Macédoine et l'Albanie, en exigeant qu'un accord soit conclu sur une gestion plus équitable des ressources.

En Espagne, les tensions sont d'envergures régionales : la province d'Aragon et la Catalogne s'affrontent politiquement pour contrôler l'Ebre alors qu'un plan de régime hydrologique est de vigueur dans tout le pays.

[LES TENSIONS AUTOUR DE L'EAU SE FONT SENTIR AUSSI BIEN EN AFRIQUE QU'EN EUROPE OU AUX FRONTIÈRES AMÉRICAINES.]

Les Etats Unis sont eux impliqués dans deux relations conflictuelles différentes liées à l'eau. D'une part, le Rio Grande et le Colorado sont sources de tensions avec son voisin mexicain. En effet, tandis que les américains se plaignent de la pollution du Rio Grande par les mexicains et de l'impact de cette pollution sur leur agriculture, les mexicains, eux, leur reprochent la rétention du fleuve Colorado par des systèmes de barrages et canaux.

D'autre part, le bassin des Grands Lacs, une importante ressource en eau douce potable partagée avec les canadiens, suscite tout leur intérêt et s'avère donc être la source d'une tension croissante d'année en année entre les deux états. Jusqu'à maintenant, aucun accord n'a été signé quant à l'utilisation de cette ressource. Le Canada adopte une attitude méfiante envers les Etats Unis de peur que ce dernier ne se serve sans autorisation pour répondre à ses besoins colossaux, ce qui provoquerait une catastrophe écologique. Les associations de protection de la nature sont fortement impliquées dans cette bataille des Grands Lacs et préconisent une grande surveillance des actions américaines. Cette tension entre américains et canadiens, de faible ampleur pour l'instant, est en passe de s'attiser et de devenir un conflit majeur dans les 10 prochaines années.

La croissance démographique allant de pair avec l'augmentation des besoins, les ressources en eau seront de plus en plus sollicitées dans les années à venir. En conséquence, les tensions liées à la répartition de l'eau douce risquent fort de se développer au cours du XXIème siècle. Cette situation est-elle inéluctable ?

Vers un monde en ébullition ?

L'irrigation ne pouvant plus se faire correctement, les famines, les épidémies qui prolifèrent faute d'hygiène, les migrations massives de réfugiés climatiques bouleversant l'équilibre politique, une nouvelle guerre mondiale, tel est le pire scénario envisagé par certains experts.

Heureusement que tous ne s'accordent pas sur cette vision apocalyptique de notre avenir. Les membres de l'ONU sont d'avis que la gestion commune de l'eau génère plus d'accords que de tensions et qu'elle représenterait un premier pas vers un processus de paix pour les pays en conflit ou un rapprochement entre états voisins. Ainsi, le partage du lac Titicaca entre la Bolivie et le Pérou est opéré par une autorité autonome de gestion de l'eau, résultant d'une volonté de coopération. On peut aussi citer le cas de l'Inde et du Pakistan, qui, malgré la guerre qu'ils se livraient dans les années 1960, ont continué à financer les travaux d'aménagement communs du fleuve Indus.

Quant à notre avenir, les avis divergent, donnant à l'eau de multiples facettes : source de rivalités et de guerres entre pays ou au contraire un facteur de coopération et donc de pacification des états du monde. Puisque rien n'est certain, je me cantonnerai à la deuxième option même si l'Histoire n'influe pas dans mon sens. Mais je préfère me rallier à Shakespeare qui énonçait « On ne lave pas du sang avec du sang mais avec de l'eau. »

La taxe carbone,

moyen d'action collective pour la transition énergétique

Par Caroline Boucq

Alors que les objectifs économiques, sociaux et environnementaux sont parfois difficiles à concilier en période de récession, la taxe carbone propose un moyen d'action collective pour soutenir les transformations imposées par le changement cli-matique.

La taxe carbone comme réponse à l'urgence d'agir

Face au consensus scientifique très large concernant le changement climatique en cours, il est devenu évident que notre modèle énergétique né de la révolution industrielle ne fonctionne plus. Il s'agit de faire face à deux tendances majeures : d'une part la raréfaction des ressources, d'autre part l'augmentation de la consommation et des risques qu'elle entraîne. Ainsi, la transition énergétique est aujourd'hui au cœur des débats et tient lieu de passage d'une économie reposant à plus de 80% sur les énergies fossiles à une société dite « post-carbone » dans-laquelle les émissions de gaz à effet de serre doivent être réduites de moitié d'ici à 2050 - selon le GIEC[1]. En effet, ce sont bien ces gaz, et plus particulièrement le dioxyde de carbone qui jouent un rôle primordial dans le réchauffement climatique et sont à l'origine de multiples crises et catastrophes.

Ainsi, stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre est devenu un objectif ultime mondial, et ce depuis le Sommet de la Terre, tenu à Rio en 1992 et qui a permis d'élaborer la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique. Un tel objectif signifie évidemment l'introduction de nouvelles technologies mais seules, ces technologies ne peuvent rien. Il s'agit de répondre à l'urgence climatique de manière collective, en s' efforçant de changer les comportements de chacun et en s' en donnant les moyens certes techniques mais aussi financiers.

Dans ce contexte, la fiscalité écologique est un outil clé. Permettant d'internaliser les externalités négatives engendrées par les activités, elle a l'atout d'intégrer un signal-prix susceptible d'orienter les comportements et les investissements vers une consommation plus responsable.

Malgré la décision du gouvernement de faire de la transition énergétique un « projet de société », la France reste en retard en matière de fiscalité environnementale. La part de celle-ci dans l'ensemble de la fiscalité est en dessous de la moyenne européenne.

En matière de fiscalité, les instruments sont nombreux. La taxe carbone, souvent controversée est déjà en place dans de nombreux pays européens et a fait ses preuves en tant qu'instrument efficace.

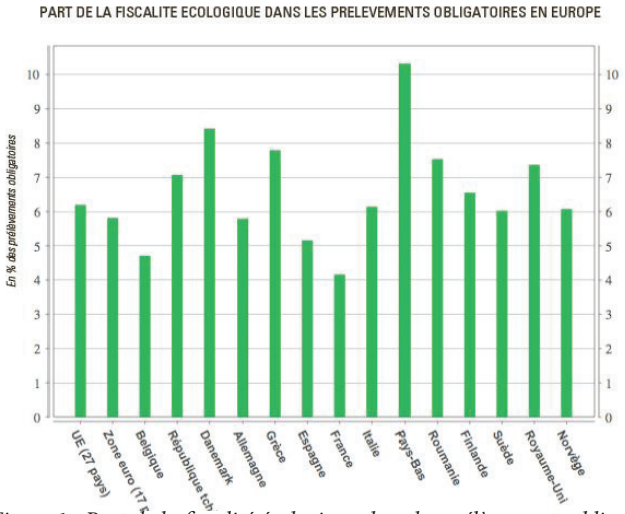


Figure 1 : Part de la fiscalité écologique dans les prélèvements obligatoires en Europe Source : Eurostat

Un outil efficace reposant sur le principe du pollueur-payeur

La taxe carbone repose sur le principe du pollueur-payeur. Il s'agit de faire payer les agents économiques, entreprises et particuliers, x euros pour chaque tonne de dioxyde de carbone émise du fait de leur production ou de leur consommation d'énergie. Pour être efficace, la taxe doit s'adresser à tous les combustibles fossiles et tous les acteurs économiques (entreprises, administrations, ménages).

Le choix du taux de départ est en outre déterminant. Il doit être assez élevé pour permettre d'atteindre les objectifs de réduction visés tout en restant acceptable par les acteurs économiques.

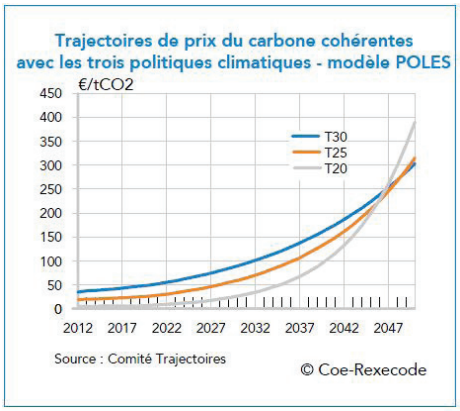
L'analyse coût-efficacité permet de déterminer le taux menant à un objectif de réduction précis et assurant la plus grande efficacité économique possible. Elle repose sur des modèles énergétiques qui présentent des incertitudes mais elle est considérée comme fournissant un signal-prix cohérent. L'augmentation progressive et programmée de la taxe est une autre condition de son efficacité afin d'inciter les investisseurs à se tourner vers des solutions décarbonées tout en laissant le temps nécessaire pour s'adapter.

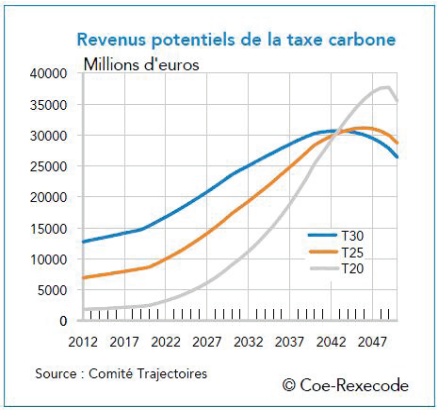
La taxe est donc étroitement liée à l'objectif national de réduction des émissions. Les recettes associées vont donc elles aussi dépendre de cet objectif. Les travaux du comité « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone »[2], ont mis en évidence les niveaux de prix du carbone en cohé-rence avec différents objectifs et les recettes engendrées. Ils

[1]Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat. Ce groupe constitue l'instance scientifique internationale en charge de rassembler et d'organiser les connaissances sur le changement climatique, au sein de trois groupes de travail.

considèrent les trois scénarii du modèle POLES.[3] Les recettes potentielles présentées sur la figure 3 augmentent progressivement avant de décroître lorsque l'objectif est près d'être atteint : la hausse du taux entraîne une réduction des émissions donc de l'assiette de la taxe et par conséquent des recettes. La taxe montre alors son efficacité.

Ainsi, en incitant l'ensemble des pollueurs à se tourner vers des solutions à coûts moindres, la taxe est un outil efficace en matière de réduction des émissions.
La taxe est cependant souvent critiquée et difficilement acceptée.





Figures 2 et 3 : Evolution des prix et des revenus de la taxe carbone - Source : travaux du Comité Trajectoires[2]

Rendre la taxe acceptable, un challenge à la portée des gouvernements

Dans un pays tel que la France où la fiscalité est très importante, la taxe carbone ne manque pas d'être critiquée et nous avons pu constater l'échec de sa mise en place en 2009-2010. Il est vrai qu'en augmentant le prix des produits carbonés, elle affecte le pouvoir d'achat des ménages et la structure de coûts des entreprises. La taxe aurait alors un effet récessif sur l'économie et injuste pour les plus précaires. Dans un contexte économique difficile, comment faire de la taxe un instrument juste et acceptable ?

L'enjeu n'est pas des moindres et la réponse se situe dans la redistribution des revenus générés par la taxe.
Prévoir une compensation ciblée et différenciée selon les niveaux de revenus des ménages est incontournable. Quant aux entreprises, diminuer les charges sur le travail permettrait de compenser la taxe et de freiner les délocalisations.
Mais il faut bien garder en tête que la taxe carbone se veut de répondre à un objectif environnemental tout en préservant la compétitivité. Ainsi, les revenus n'ont pas vocation à consolider les finances publiques mais à financer la transition énergétique en soutenant les changements technologiques nécessaires à cette transition. La taxe doit être considérée comme une opportunité pour les entreprises et le gouvernement, voire un levier de la relance économique. Ainsi combiner une redistribution des revenus sous la forme de baisse des cotisations sociales auprès des entreprises et des ménages et de fonds d'investissement pour la R&D permet un effet positif sur la croissance et l'emploi. Une étude réalisée par le comité « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone » va d'ailleurs dans ce sens.[4] La taxe carbone peut donc atteindre ce triple objectif environnemental, économique et social en étant intégrée dans la fiscalité nationale.

Visant un objectif triple, la taxe carbone est un instrument délicat mais efficace en tant qu'élément d'une politique globale et faisant de chacun un acteur de la transition énergétique.

[2]Les résultats du Comité ont été publiés dans le rapport du Centre d'analyse stratégique, « Trajectoires 2020-2050 vers une économie sobre en carbone », Rapport du Comité présidé par Christian de Perthuis, Rapports et documents n° 46, La documentation Française, 2012.
[3]Les scénarii étudiés considèrent trois niveaux de réduction différents entre 1990 et 2020 : 20% pour le scénario T20, 30% pour le scénario T30 et 50% pour le scénario T50. Le comité fait l'analyse jusqu'à 2050.

[4]Etude réalisée sur les impacts macroéconomiques d'une taxe carbone – modèles NEMESIS et MESANGE – voir note 2.

Le nucléaire a de l'avenir

Après l'accident de Fukushima, la sphère nucléaire a été ébranlée et de nombreuses remises en question, notamment au niveau politique, ont eu lieu en matière d'énergie nucléaire. Néanmoins, la France a choisi de persévérer dans cette voie. Voici un tour d'horizon des politiques énergétiques des leaders du nucléaire.

PAR ELODIE GIRARD

Ils ont décidé d'arrêter

Nos voisins allemands ont décidé de fermer leurs dernières centrales d'ici 2022 après l'accident de Fukushima. Pourtant, la performance était au rendez-vous. En effet, le réacteur ISAR 2 avait réalisé en 2011 la plus importante production mondiale d'électricité, à savoir 12,31 Twh. Pour l'instant, seuls 7 des 17 réacteurs allemands ont fermé et déjà les coûts de l'électricité ont significativement augmenté.

En Belgique: Il existe aujourd'hui 7 réacteurs en service qui produisent 55% de l'électricité belge. Le gouvernement a planifié la sortie du nucléaire d'ici 2015.

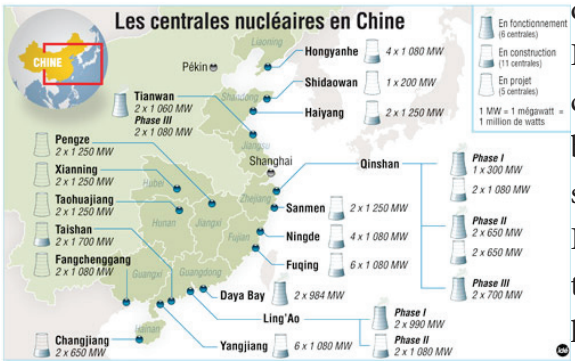
Juste après la catastrophe de Fukushima en 2011, le Japon avait décidé de sortir complètement du nucléaire d'ici 2030 mais cette politique impliquait une augmentation des importations en pétrole, charbon et gaz. Malgré cette décision, le gouvernement a autorisé la poursuite de la construction de 3 réacteurs déjà en chantier, dont le fonctionnement devra être approuvé par la commission pour l'industrie nucléaire fraîchement créée. A l'heure actuelle, seuls deux réacteurs nippons (sur cinquante-quatre) sont en fonctionnement, les autres étant à l'arrêt pour vérification. Depuis l'accident de Fukushima, la population ne croit plus en la sûreté du nucléaire et fait pression sur le gouvernement pour stopper cette forme de production d'électricité. Mais ce choix est lourd de conséquences. Outre la hausse du prix de l'électricité, il implique une compensation par la production issue des énergies fossiles, notamment du charbon, fortement émettrices de CO_2. En effet, les énergies renouvelables ne sont pas encore en mesure de couvrir les besoins.

30,4 MILLIARDS D'EUROS

C'EST CE QUE COÛTERAIENT LES IMPORTATIONS PÉTROLIÈRES OCCASIONNÉES PAR L'ABANDON IMMÉDIAT DU NUCLÉAIRE AU JAPON

Ils veulent la développer

En Chine, il existe actuellement 15 réacteurs. L'objectif est d'augmenter la puissance disponible de 12,56 Gwe à 40 Gwe d'ici 2020. C'est une terre d'avenir où les ingénieurs prêts à travailler dans le domaine



Carte du nucléaire en Chine

du nucléaire seront les bienvenus.

Areva prévoit une augmentation de la puissance mondiale disponible jusqu'à 2030 de 2,2% en moyenne pour atteindre 583 Gwe, dont 159 dus aux extensions de vie des centrales existantes et 304 à des nouvelles constructions parmi lesquels 60% seront implantées en Asie. Le marché en 2020 s'élèvera alors à 6,3 milliards d'euros contre 5,5 aujourd'hui, la majeure partie étant due aux extensions de vie.

Ils sont partagés

Les français sont moins catégoriques. Pour prouver à la population que la sûreté est au cœur de ses préoccupations, le gouvernement a décidé de fermer le site de Fessenheim, la plus ancienne des centrales en activité, fin 2016. Plusieurs institutions indépendantes de l'État ont pour mission de donner aux citoyens des informations

Vue aérienne de la centrale de Fessenheim

détaillées sur les centrales.

L'ASN, Autorité de Sûreté nucléaire en France, effectue de nombreux contrôles présentés dans un site très complet : www.asn.fr.

L'IRSN, Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, veille à la radioprotection de l'environnement tout en rendant des comptes au public. Il peut également assurer un appui opérationnel aux autorités en cas d'accident.

La sûreté est une priorité pour tous les acteurs du nucléaire. En France, le CEA, Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, effectue constamment des recherches afin d'améliorer la sûreté, la performance et la durée de vie des centrales.

Le gouvernement français compte diminuer la part du nucléaire dans le bouquet énergétique de la France de 75% à 50% d'ici 2025 mais cela n'est pas synonyme de fermeture de centrales. En effet, la consommation augmente de 2 à 3% chaque année dans notre pays et nous aurons encore besoin de cette source d'électricité.

Dans cette optique, la France mettra en service en 2014 un EPR (European Pressurized Reactor), réacteur de troisième génération, à Flamanville.

Le nombre d'emplois directs dans ce secteur s'élève actuellement à 100 000, dont 23 000 agents EDF assurant l'exploitation des 58 réacteurs français et 55 000 chez Areva. Entre les besoins pour le démantèlement, les recherches concernant les déchets radioactifs, et les implantations de nouveaux réacteurs, le nucléaire a donc encore de l'avenir devant lui. Dans ce domaine, les géants EDF et Areva recrutent chaque année respectivement 800 et 300 jeunes diplômés. Le tout avec un salaire compris entre 35 000 et 45 000 euros annuels dès le premier poste. De quoi susciter des vocations dans la filière IEN*…

Le nucléaire..

..Côté étudiant

La SFEN JG, Société Française de l'Énergie Nucléaire Jeune Génération, a organisé du 22 au 25 Octobre dernier « Atom for the future »: 2 jours de visite et 2 jours de conférences réunissant près de 200 professionnels et étudiants issus de divers pays. Les objectifs : promouvoir l'énergie nucléaire, communiquer, et échanger des idées.

Conrad DUBE de WANO, l'association mondiale des opérateurs nucléaires, souligne l'importance de la part de la responsabilité humaine dans les incidents nucléaires: 80% actuellement! La sûreté nucléaire est l'affaire de tous, alors attention à l'excès de confiance dans le matériel qui nous amènerait à diminuer notre vigilance. Les sites les plus sûrs sont ceux qui ont les meilleures conceptions ET les meilleures performances humaines.

*IEN : Ingénierie de l'énergie nucléaire, filière de spécialisation en 2e année à l'ENSE³

DANEMARK

Un vent d'optimisme

Tandis que les avancées énergétiques semblent stagner et que la France ne pourra pas se passer de l'énergie nucléaire à court terme, le gouvernement danois se fixe des objectifs qui paraissent inatteignables : produire 50% de son énergie avec des énergies renouvelables d'ici 2030, et la totalité d'ici 2050.

En France, l'opposition au nucléaire est contestable au sens où le nucléaire a permis depuis les années 80 une croissance énergétique importante. Par ailleurs, le choix de cette technologie permet une production d'électricité qui émet moins de Gaz à Effet de Serre (GES), puisque le charbon n'est plus utilisé, contrairement aux pratiques de nombreux voisins européens. Malgré tout, le nucléaire est-il une énergie d'avenir ? les risques sont importants, les déchets sont contraires à l'idée de développement durable et la pollution existe même si elle n'est pas sous forme de GES (réchauffement des eaux des rivières par exemple). Alors pourquoi ne pas essayer de prendre un virage important dans notre politique énergétique, et, sans parler de supprimer le nucléaire du jour au lendemain, commencer à imiter nos voisins nordiques en se fixant des objectifs réels pour les années à venir ?

L'idée est louable mais elle paraît irréalisable pour de nombreuses personnes qui ne voient dans ces nouvelles énergies qu'une utopie d'extrémistes écologistes.

Une politique ambitieuse

Le Danemark a très peu utilisé l'énergie nucléaire pour produire son électricité mais il était, dans les années 70, le pays le plus dépendant en pétrole de l'OCDE. Un plan énergétique s'imposait, il y en eut trois : 1976, 1981 et 1990. Ainsi en 1996 la dépendance pétrolière était réduite de 50% grâce notamment à une économie du chauffage domestique et à la mise en place de la cogénération.

Le principe de la cogénération est d'utiliser la chaleur dégagée dans la production d'électricité, économisant ainsi de l'énergie. Le terme vient donc du fait que les deux énergies sont issues du même procédé, exploitant ainsi au maximum son rendement.

Le premier vrai tournant de la politique énergétique danoise advient au cours de la décennie 1990-2000 où des objectifs plus importants sont fixés :

- 1990 : Baisse de 20% d'ici 2005 des émissions de CO_2
- 1995 : Création du Ministère de l'environnement et de l'énergie
- 1997 : Indépendance pétrolière et autosuffisance énergétique pour l'ile de Samsø

Ile de Samsø, au Danemark

L'île de Samsø est devenue énergétiquement indépendante en 2007 en respectant le délai et sert maintenant de pôle de recherche sur les énergies renouvelables pour le pays. Les émissions de CO_2 du Danemark ne cessent de baisser, au-delà même des attentes du protocole de Kyoto, et le ministère accentue ce mouvement en prévoy-

ant un plan énergétique drastique. D'ici 2030 le Danemark prévoit que 50% de son énergie consommée soit d'origine renouvelable afin d'atteindre les 100% en 2050. Ce but implique un changement radical dans la manière de produire mais aussi dans la manière de consommer.

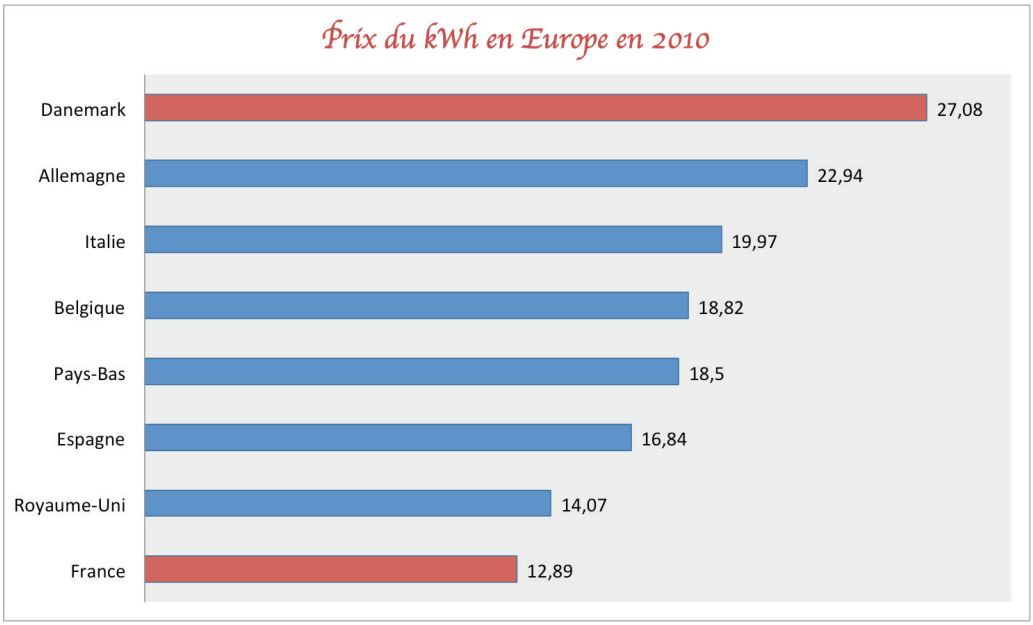
Néanmoins, même si l'envie d'un changement énergétique est réelle au Danemark et que ce changement a déjà commencé, il ne faut pas oublier qu'actuellement, près de 40% de l'énergie consommée au Danemark est issue du pétrole et 20% du gaz naturel. De plus, ces changements nécessitent des installations coûteuses qui ont de lourds impacts sur le prix de l'électricité, et donc sur la facture du consommateur. Dès le début des années 1990, le prix du kilowatt/heure au Danemark (TTC) était supérieur à la moyenne de l'Union Européenne (UE). En un peu moins de 20 ans, ce prix a doublé, et ,en 2010, il était le plus élevé de toute l'UE avec 27,08ct €/kWh. Pour information, la France, qui fait partie des pays riches de l'UE où le prix du courant est le moins cher, avait son prix fixé à 12,89ct €/kWh, tarif heures pleines, en 2010 (il s'élève aujourd'hui à 13,53ct €/kWh). Dans le contexte actuel, il parait donc compliqué voire insurmontable d'imposer aux français un doublement du prix de leur facture électrique. Mais, heureusement pour notre avenir énergétique, la réussite danoise ne repose pas simplement sur une augmentation du prix du kWh.

Les autres facteurs de la réussite danoise

En effet, les objectifs pour 2030 et 2050 reposent sur des transformations tant au niveau de la production (accent sur la cogénération et l'énergie éolienne) que de la consommation (diminution des besoins de chauffage par l'amélioration de l'isolation, réduction des demandes électriques et de la consommation de combustible dans l'industrie ou encore changement des mœurs). Par exemple, au Danemark, entre 1995 et 2009, la consommation d'énergie primaire a baissé d'environ 7% et s'élève à 148 GJ/hab ; la consommation électrique nette a elle baissé de presque 15% (de 7100 kWh/hab à 6063 kWh/hab). En France, même si la croissance de la consommation commence à faiblir, elle continue toujours d'augmenter : en 2009, les français consommaient environ 174 GJ/hab en énergie primaire et 7468 kWh/hab d'électricité.

CONTRAIREMENT AUX FRANÇAIS, LES DANOIS CONSOMMENT CHAQUE ANNEE MOINS DÉNERGIE.

Malgré les critiques omniprésentes sur une future sortie du nucléaire, il semble difficile de l'éviter. Les dangers d'une telle technologie sont bien trop présents (3 catastrophes en 30 ans) et la voie des énergies renouvelables est maintenant ouverte par le Danemark, qui sera suivi d'ici peu par d'autres pays en avance dans ce domaine. Au Danemark, les 2 plans énergétiques ont nécessité 40 séminaires et 1600 ingénieurs etuniversitaires pour aboutir à un projet réalisable. Ce qui montre qu'au-delà du coût que représente une telle réforme, le problème vient avant tout d'une envie collective de faire avancer les choses, envie que nous commençons tout juste à ressentir en France. Le vent du nord ne vient pas seulement s'échouer sur nos côtes, il peut parfois nous réchauffer en apportant des idées novatrices et l'espoir d'évoluer, encore et toujours.



"La politique énergétique du Danemark. Vers un scénario 100% renouvelable en 2050" - Thierry de Larochelambert

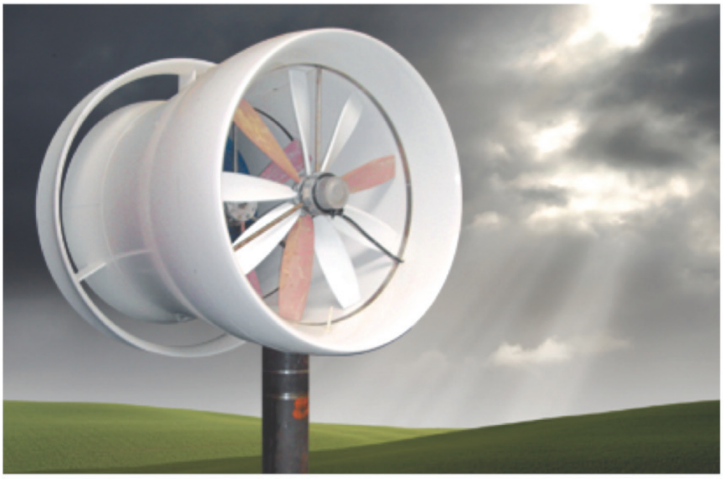
Les éoliennes carénées

une innovation pour un meilleur rendement

Par Justine Peluttiero

En 1919, Albert Betz calcule que la meilleure des éoliennes ne pourra convertir en énergie mécanique de rotation que 59,3% de l'énergie cinétique du vent ; limite à laquelle il donne son nom : «limite de Betz». En effet, alors que l'éolienne se sert de l'air qui arrive sur l'hélice, une grande partie est déviée autour des pales. Ainsi, les éoliennes classiques à trois pales ont actuellement un rendement moyen de 20%.

L'un des enjeux de la recherche est de rendre les éoliennes capables de générer de l'électricité à partir d'une plus grande gamme de vitesses du vent (de 20 à 90km/h pour les éoliennes classiques), mais aussi d'améliorer leur rendement par des modifications mécaniques.
Dans ce but, l'entreprise américaine FloDesign Wind Turbine, spécialisée dans le domaine aéronautique et plus particulièrement dans les turboréacteurs, a eu l'idée d'entourer l'hélice d'un carénage. Celui-ci empêche en partie le vent de s'échapper autour de l'hélice, et augmente donc le rendement, grâce à des phénomènes d'accélération et d'aspiration des flux d'air semblable à ceux d'une aile d'avion. Deux fois plus petite, l'éolienne carénée fonctionnerait sur un plus large spectre de vitesses du vent (de 10 à 200km/h environ). Ceci permet une production d'électricité quasi continue dans le temps, ce dont sont incapables les éoliennes classique.



Une éolienne carennée de la société Éléna Énergie

Un autre exemple est la société Éléna Énergie. Celle-ci a conçu une éolienne de ce type, qui a la particularité d'avoir une dimension réduite et donc d'être utilisable en tant qu'appareil domestique, ou dans un contexte de « mix énergétique ». Ce projet, ayant grandi grâce aux laboratoires partenaires de Grenoble INP et notamment à l'aide de deux enseignants-chercheurs, M. Daniel Roye et M. Jean-Louis Kueny, ouvre la question du petit éolien, avec une production de quelques kWh seulement. Cependant, le marché n'a pas accueilli cette technologie à bras ouverts, ce qui a contribué au dépôt de bilan de l'entreprise. Peut-être est-ce encore trop tôt pour le petit éolien, quoi qu'il en soit la technologie de carénage semble se démocratiser.
Pour une éolienne carénée, l'hélice à 3 pales montée sur les éoliennes classiques est remplacée par une roue à aubes fixe qui joue le rôle de stator. Entourée d'un carénage peu profond et crénelé*, cette roue se contente de dévier l'air vers une seconde roue à aubes, mobile celle-ci, appelée rotor. L'ensemble est également entouré d'un second carénage, plus grand et crénelé lui aussi. Ce carénage permet de diminuer les nuisances sonores et réduit le danger pour les oiseaux, à condition d'y poser une grille.
Il faut toutefois préciser que, dû à la forme de cette turbine qui ressemble à un réacteur d'avion, les efforts à l'intérieur du carénage sont très importants. Ainsi, la vitesse de rotation du flux d'air le traversant étant élevée, il devient nécessaire de construire un mat plus résistant, renforcé au sol. Ce qui demande donc un investissement supplémentaire.

On voit que, contrairement à ce qu'on pourrait croire, le secteur de l'éolien n'est pas figé. La technologie des éoliennes carénées rappelle que l'éolien est améliorable et est peut être le début d'une mutation du secteur éolien. Pour ce qui est du petit éolien, il a tout à fait sa place dans l'avenir et est en accord avec la logique de production décentralisée de l'énergie. Ce genre d'innovations s'inscrit dans un cadre plus large de réflexion sur la structure de l'éolienne, dans le but d'en améliorer le rendement et la continuité de sa production d'énergie.

Carénage : revêtement extérieur améliorant l'aérodynamique de l'éolienne.

Crénelé : découpé en forme de créneaux.

Pour aller plus loin :

http://www.grenoble-inp.fr/entreprises/elena-energie-le-souffle-de-l-innovation-269674.kjsp
http://www.elena-energie.com

Guenièvre Quintin, Gagnante du concours photo

Le Ce3 recrute!

4 pôles :

Rédaction, Design, Photo, Comm' & Sponsor

Magazine trimestriel de l'E3

Venez participer au débat
sur la transition énergétique
en vous impliquant
dans un projet étudiant citoyen !

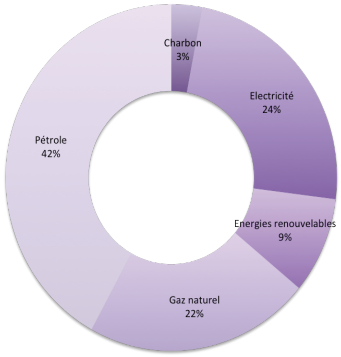
Le crépuscule du pétrôle ?

Contrairement à ce que l'on pensait il y a encore 60 ans, le pétrole n'est pas une ressource inépuisable. Générateur de notre monde moderne, il est de plus en plus difficile de s'en procurer, et de plus en plus cher. Alors, on peut se demander : le pétrole, c'est pour combien de temps encore ?

PAR CAMILLE CREUSOT

Qu'on le veuille ou non, "l'or noir" fait partie de notre quotidien à travers les multiples utilisations qui en sont faites. Il représente presque 40 % de notre consommation mondiale en énergie, et 41% en France. Entre 1960 et aujourd'hui, la production mondiale de pétrole a ainsi été multipliée par 3 : il se vend actuellement 82* millions de barils par jour. Et rappelons tout de même qu'un baril correspond à 159 litres de pétrole !

Consommation d'énergie en France par source en 2012



* Un baril correspond tout de même à 159L de pétrole !

On peut alors facilement comprendre que les ressources de pétrole, principalement situées dans les pays de l'**OPEP** (Organisation des Pays Exportateurs de Pétrole), s'épuisent à grande vitesse. Les experts ont même confirmé que, durant ces années, nous avons consommé près de la moitié de nos ressources pétrolières (source : BP, Statistical review of world energy) et les géologues les plus pessimistes, mais néanmoins réalistes, ne donnent pas plus de 40 ans avant la fin du pétrole. Ceci provoquera bien sûr l'augmentation, en flèche, des prix du carburant.

Les pays membres de l'OPEP (classés par ancienneté)

- Arabie Saoudite - Iran - Irak - Koweït - Venezuela	Pays fondateurs - 1960 -

- Qatar(1961)
- Lybie(1962)
- Indonésie (de 1962 à 2007)
- Emirats Arabes Unis (1967 – Originellement Abou Dhabi)
- Algérie (1969)
- Nigeria(1971)
- Equateur*(1973)
- Gabon(de 1975 à 1996)
- Angola (2007)

* L'Equateur adhéra en 1973, se retira en 1992, avant de rejoindre de nouveau l'OPEP en 2007

Du côté des pays producteurs, on affirme que les réserves sont encore bien garnies, que l'épuisement du pétrole est une information erronée et que le pétrole pourrait être fourni en quantité suffisante pendant encore des centaines d'années.

Ainsi les écarts entre les annonces officielles et les analyses
des géologues indépendants peuvent varier du

Une plateforme pétrolière

simple au double. Alors qui croire ?

Cela peut paraître contradictoire, mais les deux camps ont raison. En effet, il y a sur Terre toujours beaucoup de ressources pétrolières, mais dans des endroits de plus en plus difficiles à atteindre (fonds des océans, sites isolés, ...). Le forage et l'extraction du pétrole deviennent de plus en plus longs et laborieux, et par conséquent plus coûteux. De ce fait, la production de pétrole ne suit pas la demande des consommateurs, le pétrole se fait rare sur le marché et les prix augmentent. Ainsi, nous pouvons dire que la fin des ressources pétrolières n'est pas encore arrivée, car elles sont encore riches sur Terre ; cependant ces dernières seront bientôt hors d'atteinte : nous serons donc bientôt à court de pétrole exploitable.

On pourrait penser qu'avec l'expansion des énergies renouvelables et autres énergies alternatives en cours de développement, le pétrole ne sera bientôt plus d'aucune utilité. A l'heure actuelle, le pétrole reste néanmoins notre énergie majeure, en particulier pour le réseau des transports (voitures, trains, avions, ...). Et, malgré les avancées des nouveaux moyens de transports (voitures à hydrogène, voiture électrique), personne ne peut affirmer que l'on pourra se passer du pétrole dans un avenir proche.

Pour aller plus loin :

http://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/petrole