

Stratégies pour lutter contre le réchauffement¹

Il reste 13 ans à l'humanité pour sauver la planète, intitulé le Spiegel² se basant sur le rapport de l'ONU. Les experts proposent au plus tard à partir de 2020 une réduction régulière et continue de l'émission de gaz toxique. Ainsi, le réchauffement de l'atmosphère pourrait être de 2 °C au lieu de 6 °C prévus. Le phénomène est d'autant plus préoccupant que les pays émergents comme l'Inde, le Brésil et la Chine essayent de rattraper les nations industrialisées, ce qui implique une augmentation de la production et de la consommation d'énergie³.

Jean-Louis
Reuter

Il va s'en dire qu'il s'agit maintenant d'appliquer des stratégies pour éviter un accroissement exponentiel de la consommation d'énergies.

De l'utopie à la réalité

Le réchauffement global est une réalité. Une responsabilité partielle de l'homme est incontestable. Au niveau politique, nous pouvons observer une certaine prise de conscience. Sujets encore tabous il y a 10 à 20 ans dans certains partis politiques, le développement durable et la protection de l'environnement ont désormais pris une place dans leurs programmes politiques. Mais que ce passe-t-il en réalité ? Est-ce qu'il y a des changements concrets permettant de conclure non seulement à une prise de conscience, mais plutôt à une mise en place d'actions pour une lutte efficace contre la pollution de notre environnement ?

Nous pouvons constater dans les années 1990 une baisse des émissions de CO₂ (dioxyde de carbone), de CH₄ (méthane) et de HFC (hydrofluorocarbures) de 5 à 6 %. Mais ceci est surtout dû à l'écroulement du bloc communiste. En effet, l'ouverture du rideau de fer a aussi eu comme conséquence la fermeture de beaucoup d'entreprises lourdes à technologies vétustes qui sont considérées comme les plus polluantes de l'Europe. Toutefois, le nouveau millénaire est aussi le début d'une nouvelle croissance des économies de l'Est, ce qui va de pair avec une augmentation des émissions de gaz à effet de serre.

Nicolas Stern, ancien économiste en chef de la Banque mondiale, a coordonné les travaux d'un groupe d'experts en vue d'analyser les conséquences économiques de la lutte contre la pollution de l'environnement (1^{er} rapport en 2006, 2^e rapport en 2009)⁴. Si nous baissions les bras, les effets d'une augmentation de gaz à effets de serre et, par là, les températures sur notre planète, seront tels que des millions de gens devront quitter leurs foyers et se déplacer dans d'autres régions, car l'augmentation des niveaux des mers les y contraindrait (surtout en Inde), le recul des glaciers réduirait les réserves d'eau douce retirant la base de survie aux agriculteurs (p.ex. régions des Andes en Amérique du Sud, région autour du Kilimandjaro en Tanzanie, etc.), l'augmentation des périodes sèches ne permettrait plus l'élevage de bétail (p.ex. régions en Chine et au Brésil, mais aussi en Afrique). D'après Stern, l'économie mondiale diminuerait d'environ 20 à 30 % si elle devait supporter financièrement le redressement de la situation. Par contre, d'après le 2^e rapport, il prétend que 2 % du PIB de tous les pays suffirait pour engager aujourd'hui des actions afin d'éviter la catastrophe climatique⁵. D'après *The Guardian*⁶, Alex Bowen – coauteur du même rapport – précise, que « our assessment shows that 400 billion dollars spent globally in the next 18 months on green policies and investments, such as smarter use of electricity, will help us to deal

Jean-Louis Reuter est professeur en sciences économiques à l'École privée Fieldgen et président de la CNPSES (Conférence nationale des professeurs en sciences économiques et sociales).

with current economic crisis, create jobs and help tackle climate change ». L'équipe autour de Stern fait appel au monde politique le jour même de la publication du 2^e rapport en disant que « politicians should not delay plans to cut greenhouse gas emissions because of the global slowdown »⁷. La question ne serait donc pas seulement économique. Une volonté politique est de mise. Quelles sont les solutions à notre disposition pour éviter le collapsus de l'environnement ?

Reinhard Breuer, rédacteur en chef du *Spektrum der Wissenschaft*, propose de construire 6 centrales de production d'énergie solaire sur des lieux choisis sur notre planète où il y a le plus d'insolation. Pour que ces centrales puissent avoir une capacité de 18 TW (terawatt)⁸, les panneaux solaires devraient avoir une surface de 140 000 à 170 000 km². Théoriquement possible, il a qualifié lui-même cette solution d'utopique.

« It's not too late⁹ »

Si nos économies atteignent les mêmes taux de croissance durant les prochaines décennies, chaque année, un supplément de consommation de 7 tonnes de charbon, de pétrole et de gaz vont émettre des quantités énormes de CO₂ dans l'atmosphère. Un scénario de « Business-as-usual » conduirait à une multiplication par deux – par rapport à l'ère pré-industrielle – de la concentration de CO₂ dans les 50 années à venir. Des changements climatiques irréversibles en seraient la conséquence. Même si nous arrivons à partir de 2060 à stabiliser ces émissions, d'après nos connaissances actuelles, des changements climatiques irréversibles en seraient les conséquences. Par contre, si nous essayons de les stabiliser dès à présent, la concentration de CO₂ reste largement en deçà du seuil critique. Ne pas émettre pendant les prochains 50 ans 7 milliards de tonnes de CO₂ paraît utopique. Toutefois, pour éviter ce scénario pessimiste, on n'a pas besoin d'un miracle. Une multitude de solutions sont à notre disposition afin de contrôler l'évolution des émissions de CO₂.

Les énergies renouvelables

« L'énergie est omniprésente. Le cœur de notre planète est un magma en ébullition et notre planète est perpétuellement bombardée d'énergie solaire, suffisamment pour satisfaire 15 000 fois la demande mondiale.¹⁰ » Le problème à surmonter est de capter cette énergie surabondante et propre. Les progrès réalisés ces dernières années sont encourageants. Le fait qu'une grande partie de la recherche et du développement est financée par les entreprises qui ont misé les dernières décennies sur l'exploitation des combustibles fossiles est révélateur.

L'énergie hydraulique

Elle est la plus ancienne de toutes les énergies renouvelables. Les roues à eau offraient à l'homme



© patapat - flickr.com

une force alternative à la force musculaire. Ces roues à eau sont les ancêtres des installations hydro-électriques d'aujourd'hui, qui produisent 16 % de l'énergie utilisée au niveau mondial.

Si, à l'époque, les roues étaient alimentées par l'eau de fleuve, aujourd'hui on construit des barrages qui offrent un meilleur contrôle du débit de l'eau. Si l'énergie produite est écologique, la construction du barrage ne l'est pas. Les récentes discussions sur la construction du barrage des Trois Gorges (Chine ; rivière Yang Tsé Kiang, qui va couvrir avec sa production d'électricité 10 % des besoins en électricité du pays) nous le visualisent : déplacement de plus d'un million de personnes, immersion de 123 villes et de plus de 4 000 villages, risque de tremblement de terre comme en 2008 et perte d'écosystèmes uniques.

Les répercussions économiques aussi laissent parfois un goût amer. La construction du barrage d'Assouan (Egypte) p.ex. est responsable de l'effondrement de l'industrie de la pêche dans tout l'est de la Méditerranée. Les obstacles à une augmentation de la capacité des centrales hydroélectriques sont d'ordre tant économique qu'écologique.

À côté des barrages traditionnels – à la surface de la terre – il existe les centrales électriques à pompage (*Pumpspeicherkraftwerk*). Des turbines pompent l'eau souterraine à travers des cavernes de quelques mètres de diamètre dans des lacs artificiels à une altitude de quelques centaines de mètres plus élevée. Plus tard, nous pouvons observer le phénomène inverse : l'eau descend et fait tourner les turbines qui produisent l'électricité. Ce système consomme plus d'énergie qu'il n'en produit, mais contribue à une égalisation des capacités électriques. Pour couvrir les besoins en énergie, il faudrait construire plus de centrales. Mais les emplacements idéaux

Le fait qu'une grande partie de la recherche et du développement est financée par les entreprises qui ont misé les dernières décennies sur l'exploitation des combustibles fossiles est révélateur.

L'énergie solaire est actuellement non concurrentielle. Sans soutien de l'Etat, sa part de marché serait encore plus petite.

se font rares dans certaines régions, surtout en Europe. De plus, la construction de bassins artificiels n'est pas écologiquement neutre. On devrait se concentrer plutôt sur les petites centrales qui n'ont qu'un impact modéré sur notre écosystème. L'énergie hydraulique n'est qu'une manifestation indirecte de l'énergie solaire. En effet, la chaleur solaire entretient le cycle de l'eau sur notre planète. L'évaporation de l'eau est responsable de l'humidité qui, sous forme de pluie, alimente fleuves, lacs et rivières.

Une autre source d'énergie provenant de l'eau sont les vagues. Tout bon surfeur connaît la force qui en émane. Serons-nous un jour capables de profiter de cette puissance ? Sachant qu'en s'approchant des côtes, les vagues perdent 60 à 70 % de leur puissance et que leur trajectoire n'est pas toujours la même, les ingénieurs-chercheurs ont un certain nombre de problèmes à surmonter, ce qui n'a pas empêché certains d'investir leur force, temps et argent dans de tel projet¹¹. Parmi les centrales fixes, citons les centrales houlomotrices (machines à vagues). Un projet pilote a été élaboré par l'entreprise Wavegen (Ile de Isley, Centre Ouest de l'Ecosse). L'entreprise a baptisé son invention « limpet », sorte d'escargot dont la place préférée est justement au niveau des centrales à vagues c'est-à-dire juste au-dessus du niveau de l'eau. Les vagues montantes entrent par le haut dans la centrale ouverte côté mer. Ce mouvement comprime l'air à l'intérieur de la centrale et fait tourner une turbine combinée à un générateur. A la sortie de l'eau par le bas de la centrale, de l'air entre de nouveau par le haut et le mouvement peut recommencer. Un autre projet concerne les usines marémotrices qui profitent de la marée montante. A travers des vannes-écluses, l'eau montante remplit le bassin intérieur. Lors du reflux de l'eau – les vannes-écluses étant fermées – la marée descendante est dirigée vers les turbines qui alimentent ainsi le générateur. En France et en Russie, de tels projets existent depuis des années et font preuve de viabilité. Malheureusement les coûts de construction et de maintenance sont élevés pour les usines à grande capacité. Le barrage de l'estuaire de la Severn – usine marémotrice en Angleterre – aurait couvert une surface de 480 km² avec une production potentielle de 9 GW. L'investissement estimé s'élevait à 11,5 milliards d'euros ce qui a découragé les investisseurs.

A côté des centrales fixes, il existe des centrales flottantes. Le chercheur danois Erik Friis-Madsen mise sur ce type de centrale *off shore*, car « la puissance des vagues est capable de créer cinq fois plus d'énergie en mer qu'à la côte¹² ». Dans un projet pilote, il présente une centrale qui laisse entrer l'eau des vagues, remplissant ainsi une vaste cuve qui libère l'eau à travers des turbines. La phase d'expérimentation a duré trois années. D'après les experts, ce fut un succès. D'ailleurs le gouvernement de Wales est prêt à engager 7,5 millions d'euros dans le projet, baptisé « Wave Dragon », tellement les résultats sont prometteurs.

L'énergie solaire

Théoriquement, le soleil pourrait nous livrer plus de 5 000 fois l'énergie que nous utilisons pendant une journée. Actuellement, elle représente seulement un pourcentage insignifiant. Depuis le milieu des années 1990, un certain nombre de pays ont augmenté leurs efforts de sensibilisation des ménages pour l'installation de panneaux solaires. Il existe deux sortes de cellules pour capter l'énergie solaire dont le rendement (*Wirkungsgrad*) est de 14 à 17 % pour les installations monocristalline et environ de 13 à 15 % pour l'installation polycristalline qui est moins chère au niveau du coût d'acquisition.

Mais la recherche et le développement, poussés pendant la dernière décennie, ont su améliorer sensiblement l'efficacité, ce qui permet d'être optimiste pour les années à venir. L'installation peut être faite sur les toits des maisons, garages, entrepôts et entreprises ainsi que sur les façades. Dans l'Etat de Californie, le gouvernement a lancé l'action « Million Solar Roof ». Le but est d'augmenter la production d'énergie solaire de quelque 3 000 MW. En 2005, on n'a réalisé qu'une augmentation de 50 MW. En Allemagne, la ville de Fribourg est pionnière en la matière. Le SIC (Solar Info Center) constitue le site phare de la technologie solaire. Sur près de 14 000 m², différentes entreprises travaillent sur le thème des énergies renouvelables. L'une d'elles est la société Concentrix. D'après Hansjörg Lerchenmüller, le directeur de la société, Concentrix est parvenue à presque doubler le rendement des modules par rapport à la technologie au silicium traditionnelle. La liste des projets solaires est énorme à Fribourg. Même le club de football produit de l'énergie solaire. Avec 2 200 m² de cellules photovoltaïques sur le toit du stade, le club produit plus de la moitié de sa consommation totale d'électricité, et cela sans émission¹³.

Le défi sera cette fois économique. L'énergie solaire est actuellement non concurrentielle. Sans soutien de l'Etat, sa part de marché serait encore plus petite. En effet, le coût des cellules en silicium est encore trop élevé. Tout dépend bien sûr du but de l'installation. Il existe des cellules moins performantes et donc moins chères. Au Kenya p.ex., le nombre d'installations augmente de 30 000 pièces par année. Il s'agit ici d'installations qui produisent 15 à 20 watts par jour, tout juste de quoi remplir une batterie qui livre l'énergie pour faire fonctionner un poste de télévision pendant 2 à 3 heures par jour. Il y a un boom énorme pour ces installations qui, certes, n'ont pas un degré élevé d'efficacité, mais qui, par contre, ne coûtent que le quart du prix d'une installation plus performante. L'accroissement de leur part de marché va permettre de ventiler encore plus les coûts fixes. Ceci pourra permettre de donner à des millions de foyers l'accès à l'énergie ; il s'agit ici de ménages qui jusqu'aujourd'hui n'ont pas encore de connexions aux réseaux d'électricité traditionnels.

Energie éolienne

Le vent est une des ressources les plus abondantes de la planète. Il se crée lorsqu'une partie de l'atmosphère se réchauffe plus vite que l'autre. L'homme exploite cette ressource depuis des milliers d'années : Les premiers moulins faisaient tourner un axe central à l'aide de grandes toiles accrochées à une structure radiale. La révolution industrielle les rendant obsolètes, ce n'est qu'avec la crise pétrolière de 1973 que cette technologie connaît une renaissance.

Au cours de la dernière décennie, l'énergie éolienne a connu un boom spectaculaire. En moyenne annuelle, elle a su augmenter sa part de marché de 25 % par an au niveau mondial. Certaines régions ont investi énormément dans ce secteur ; Schleswig-Holstein¹⁴ (Allemagne) couvre actuellement 36 % de sa consommation avec de l'énergie éolienne. En 2007, quelque 20 000 éoliennes alimentèrent le réseau avec 39,5 milliards de kilowattheures (kWh)¹⁵ par trimestre. Accroître le nombre de kWh sera difficile en Allemagne, car les sites idéaux sont déjà pris. Par contre, aux Etats-Unis ou dans d'autres pays qui ont de vastes plaines, il y a encore du potentiel. Ils pourraient facilement atteindre les

11 milliards de kWh¹⁶. Sachant que l'énergie éolienne est économiquement la plus compétitive des énergies alternatives, on pourrait s'attendre à une augmentation des investissements privés et publics. Un inconvénient persiste pourtant. Avec chaque nouvelle installation, les riverains montent au créneau. Les éoliennes n'augmentent pas l'attractivité du paysage, bien au contraire, et le bruit provoqué par les lamelles dérange, sachant que les éoliennes sont construites en région rurale, où le niveau sonore est très bas. Pourtant ne pas être d'accord avec l'installation de nouveaux parcs éoliens veut dire en même temps être d'accord avec de nouvelles centrales à charbon, ce qui engendrerait certainement plus de nuisances. Une solution est la mise en place de parcs éoliens en pleine mer (*offshore*). Le rendement est nettement plus haut et les inconvénients pour les voisins inexistant.

Les carburants écologiques

D'ici 2050, le parc automobile va se multiplier par deux, à moins que les responsables politiques n'essaient de miser définitivement sur le transport public, et pour le transport de personnes et pour le transport de marchandises. Sachant qu'un changement dans les mentalités ne se fera que lente-

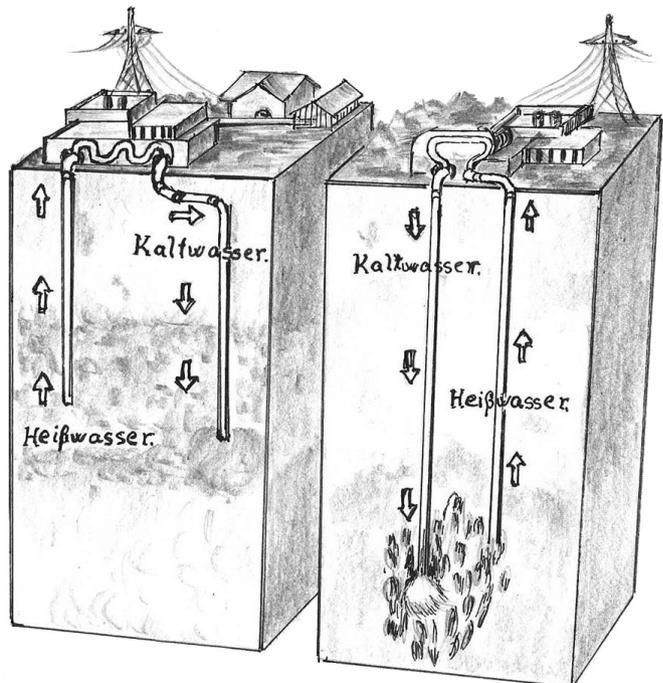
L'énergie du sol

L'énergie géothermique peut être exploitée partout où du magma est assez proche de la surface terrestre pour réchauffer les eaux des nappes phréatiques. Quand elle ne s'échappe pas naturellement de geysers ou d'autres sources chaudes, la vapeur piégée sous la roche est puisée à l'aide des forages et canalisée vers des turbines.

On a besoin de deux forages pour exploiter l'énergie géothermique. Il existe deux procédés différents :

Dans une profondeur de 3 à 4 km, les centrales hydrothermiques pompent l'eau à la surface. La chaleur de l'eau peut varier, mais il lui faut au moins une température de 120 °C. En Islande, une usine atteint à 2 200 mètres de profondeur une couche qui abrite de l'eau à 400 °C. En faisant remonter l'eau, la température baisse. L'eau remontante se transforme en vapeur de ± 170 °C et fait tourner une turbine. On peut le comparer à l'eau bouillante d'une marmite qui provoque de la vapeur ; quand cette vapeur touche une surface froide, elle se transforme en gouttes d'eau. La turbine est liée à un générateur qui produit de l'électricité. A la fin, l'eau refroidie sera reconduite dans le sous-sol. Les centrales hydrothermiques utilisent donc l'eau existant en profondeur.

La deuxième méthode consiste à pomper l'eau sous pression dans le sous-sol à une profondeur où la roche est assez chaude et sèche. Ainsi réchauffée, on la fait remonter en surface où elle arrive sous forme de vapeur à environ 170 °C. La vapeur fait tourner une turbine qui produit à travers un générateur de l'électricité. La méthode s'appelle « Hot-Dry-Rock-Methode » (HDR-système). « Dry » veut dire ici que ces couches ne contiennent pas assez d'eau chaude pour l'exploiter à moyen et à long terme en faisant fonctionner les turbines à l'aide de cette eau chaude.



Si on veut arriver à réduire efficacement les gaz à effets de serre, nous avons besoin d'une réelle stratégie. Où en sommes-nous au Grand-Duché ? Est-ce que notre gouvernement s'est doté d'une telle stratégie ?

ment, les constructeurs d'automobiles devraient être beaucoup plus incités à construire des voitures « propres ». A moyen et à long terme, le but doit être de remplacer intégralement le pétrole comme source d'énergie pour le véhicule. Aux Etats-Unis la production de bioéthanol s'élève à plus de 16 milliards de litres. Le bioéthanol est mélangé à l'essence. Les responsables ont l'intention de multiplier par deux les quantités produites. Ceci sera insuffisant si on veut provoquer un impact sur la réduction de CO₂. D'ailleurs les opinions des experts divergent sur l'efficacité de la mesure. Certains préconisent que la production de bioéthanol consomme plus d'énergie que le gain d'émission ne rapporterait à la conservation de la nature. D'après Daniel M. Kammen¹⁷, c'est la matière première utilisée lors de la production du carburant biologique qui peut changer ces résultats médiocres. Au lieu du maïs, utilisé aux Etats-Unis, il suffit d'utiliser de la biomasse à base de cellulose et de bois tissu (cannes de mil, peupliers)¹⁸. Pour produire le bioéthanol, le réchauffement du maïs exige de l'énergie fossile tandis que le producteur de l'éthanol de cellulose utilisent le bois tissu. Les émissions de gaz à effet de serre ne sont ainsi pas supérieures au gaz stocké dans la plante lors de la photosynthèse. Néanmoins, des questions éthiques devraient être discutées : Est-ce qu'une augmentation de la production est possible sans utilisation d'OGM ? Est-ce que l'augmentation de la production ne fait pas disparaître de plus en plus les forêts tropicales ?

La géothermie

L'air, l'eau et le sol sont des sources de chaleur inépuisables. Le soleil envoie chaque jour de la chaleur sur terre sous forme de rayonnement solaire. Extraire cette chaleur de l'environnement se fait à l'aide de la pompe à chaleur. Ces pompes à chaleur sont classées dans la géothermie à basse température (inférieure à 30 °C)¹⁹. Quoique le terme géothermie soit mal choisi, car les calories puisées ne viennent pas à proprement parler du sol (« géo » signifie « terre »), mais plutôt du rayonnement solaire, car les pompes à chaleur fonctionnent à de très faibles profondeurs (< à 400 mètres). Par contre, la géothermie en couches profondes (4 000 à 5 000 mètres), où les températures sont plus élevées, permet la production d'énergie par l'intermédiaire de la vapeur d'eau. En effet, à chaque palier de 100 mètres, on a une augmentation des températures de 3 °C dont l'origine est la chaleur du centre de la terre. A l'intérieur de notre planète, les températures peuvent monter jusqu'à 7 000 °C. Nous vivons sur une vaste chaudière ce qui se manifeste à la surface au niveau des volcans et des sources géothermales²⁰. Depuis le temps des Romains, l'homme exploite cette chaleur. Les Romains ont déjà creusé des puits à vapeur pour chauffer leur maison. Le chauffage de Reykjavik (Islande) est basé entièrement sur cette forme d'énergie. La première centrale géothermique fut construite en Italie à Lardello en 1913²¹. Aujourd'hui, la production d'énergie géothermique est évaluée à environ 9 GW. Cela cor-

respond à environ 1,6 % de la production d'énergie basée sur les ressources renouvelables²². Ces installations sont principalement installées à la périphérie du Pacifique (côte ouest des Etats-Unis, aux Philippines, au Mexique). A ces endroits où deux plaques tectoniques se rencontrent, on observe des remontées de magma. Il existe aussi d'intéressants sites en Europe (la région de l'Eifel en Allemagne). La plupart des industries – qui existent d'ailleurs depuis des décennies (!) – ne produisent pas d'électricité, mais se contentent de transporter la chaleur directement vers les ménages et entreprises. Un autre avantage de la géothermie est qu'elle peut servir comme climatisation en été et ceci sans énergie électrique supplémentaire. Ce type d'installation est appelé « puit canadien ».

Depuis quelques années pourtant, on s'intéresse de plus en plus aux techniques de production d'énergie géothermique (voir encadré p. 17). La décision de creuser des puits pour une éventuelle production d'énergie géothermique peut avoir des conséquences positives mais aussi négatives. Il faut savoir que la profondeur peut aller jusqu'à 5 000 mètres. On ne sait jamais d'avance si on trouve à cette profondeur dans les couches rocheuses de l'eau à la température requise pour la production d'énergie. Souvent les responsables hésitent, sachant que le perçage en profondeur peut coûter quelques millions d'euros et peut être vain si on ne trouve pas l'eau à la température exigée pour la production de l'énergie. Ainsi quelques projets en Allemagne ont dû être arrêtés (Offenbach, Ethenheim, Speyer, etc.)²³. Un des projets les plus prometteurs à l'heure actuelle est développé à l'usine de Unterhaching. Avec 150 litres d'eau chaude (120 °C) par seconde, l'usine devrait pouvoir produire 3,4 MW, suffisant pour environ 40 % des ménages de la ville. Le but poursuivi est de devenir autonome, c'est-à-dire de produire de l'énergie pour tous les ménages de Unterhaching. A Dürrenhaar – petit village près de Munich – l'entreprise InnovaRig a percé un trou jusqu'à 5 000 mètres de profondeur. L'eau chaude fera tourner une centrale de 5 MW produisant simultanément de la chaleur et de l'électricité. A Landau – à 360 km de Dürrenhaar – une centrale thermique produit depuis fin 2007 de l'énergie et approvisionne 6 000 foyers en électricité et environ 300 foyers en chaleur. Selon le ministère fédéral de l'environnement, quelque 150 autres centrales géothermiques sont en cours de planification²⁴.

Ecologiquement, ces centrales ne sont pas neutres. Elles éjectent du CO₂, principal gaz à effet de serre, toutefois en faible quantité : de l'ordre du millièème de celle émise des centrales à combustibles fossiles.

Conclusion

« En 1997, le Luxembourg s'est engagé à réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 28 % au cours de la période 2008-2012 par rapport à 1990. Tant la Chambre des Députés que les gouvernements

successifs ont soutenu cet engagement ambitieux, conscients à la fois de la nécessité d'agir face au changement climatique et de la contribution importante que le Luxembourg devra apporter, vu que ses émissions de gaz à effet de serre, calculées au prorata du nombre de ses habitants, figurent parmi les plus élevées au monde.²⁵ Il paraît que le ministère de l'Environnement est parfaitement conscient de la situation dans laquelle nous nous trouvons actuellement. Des études en Allemagne²⁶ montrent pourtant que les objectifs de réduction des gaz à effet de serre sont ambitieux. Dans un premier temps – jusqu'en 2020 –, les efforts doivent se concentrer sur l'économie d'énergie : dans le domaine de l'habitat en rénovant les bâtiments anciens et en subventionnant la construction de maisons à basse consommation d'énergie, et dans le domaine du transport en misant davantage sur le transport collectif tout en augmentant la pression sur l'industrie de l'automobile, mais aussi au niveau d'une utilisation plus rationnelle de l'énergie dans le domaine de l'industrie. Puis, dans un deuxième temps – jusqu'en 2030 –, il faudrait privilégier les produits de substitution comme le gaz et enfin, dans un troisième temps – jusqu'en 2050 –, les énergies dites renouvelables doivent prendre la place des énergies fossiles. Si on veut arriver à réduire efficacement les gaz à effets de serre, nous avons besoin d'une réelle stratégie. Où en sommes-nous au Grand-Duché ? Est-ce que notre gouvernement s'est doté d'une telle stratégie ? Rien n'est moins sûr²⁷ si l'on observe les mesures à demi-teinte dans le domaine du transport (« petite » augmentation des taxes sur les véhicules à grosses cylindrées) aussi bien que dans le domaine de l'habitat (soutien dérisoire à la rénovation « écologique » d'anciens bâtiments). en attendant la déclaration gouvernementale à ce sujet. ♦

¹ Pour les parties 1-4, voir forum 263-265, février-avril 2007 et 274, mars 2008. La série d'articles fait partie des objectifs d'un projet Comenius à l'École privée Fieldgen qui s'intitule « Développement de l'habitat et respect de l'environnement ». Lire aussi l'interview réalisée par un groupe d'élèves de l'EPF avec M. Lucien Lux, ministre de l'Environnement (forum 275, avril 2008) et « Villes en mouvement » (forum 276, mai 2008) (www.forum.lu, www.epf.lu, www.anefore.lu).

² Spiegel Spezial n° 1, 2007, p. 3.

³ Lire Bouché, G., « Minus 300% bis 2050 », dans forum 283, février 2009, pour les chiffres-clés sur l'Union européenne.

⁴ www.cambridge.org/9780521700801

⁵ La publication du rapport Stern en 2006, sur le coût du réchauffement, a éveillé l'attention des entreprises pour le facteur climat en déplaçant le débat sur le terrain économique. Le réchauffement n'est plus le domaine réservé aux écologistes. Les entreprises dites « météo-sensibles » sont souvent tributaires des aléas du climat. Ainsi, un nouveau type de métier apparaît : rendre les prévisions météo directement utilisables par les entreprises en les traduisant en impact direct sur leur activité. L'approche de ces prévisions est purement statistique, croisée avec des données économiques et l'expérience des clients (AFP, « Climat : les entreprises s'adaptent », dans La Voix, 23.1.2008).

⁶ « Opportunities that are too good to miss », Stern, N., Bowen, A., dans The Guardian, 24.2.2009.

⁷ The Guardian, 11.2.2009.

⁸ Le watt (W) est l'unité de puissance officielle du monde de l'énergie. Le watt est une faible valeur pour les installations qui intéressent le chauffage ou l'électricité à la maison. P.ex., les plus

lumineuses des ampoules électriques domestiques basse consommation ont des puissances de l'ordre de 20 W. On utilise donc des multiples du watt : le kilowatt (kW), soit un millier de watts ; la puissance d'une chaudière domestique standard est de l'ordre de 10 kW ; le mégawatt (MW), soit un million de watts, unité adaptée à de petites centrales de production d'énergie ; le préfixe « giga » (gigawatt, GW) signifie milliard, « tera » (terawatt, TW) signifie billion (dans Piro, P., Guide des énergies vertes pour la maison, Ed. Terre vivante, France 2006, p. 157).

⁹ Titrait la Technology Review, magazine du Massachusetts Institute of Technology, et présentait les technologies actuelles pour lutter contre le réchauffement climatique. « Si imparfaites soient-elles, il faut faire avec les technologies dont nous disposons aujourd'hui si l'on veut éviter la catastrophe ».

¹⁰ Walisiewicz, M., Les énergies renouvelables, Pearson Education France, 2^e édition, 2007, p. 32.

¹¹ Spiegel, op. cit., p. 96.

¹² Spiegel, op. cit., p. 98.

¹³ « Fribourg, ville solaire », dans Deutschland : Forum sur la politique, la culture et l'économie, n° 2/2008, avril/mai, pp. 47-49.

¹⁴ Schleswig-Holstein, situé entre la mer du Nord et la mer Baltique, est le carrefour de l'Allemagne vers la Scandinavie. D'un point de vue économique, la création d'unités de recherche a modernisé le pays.

¹⁵ Le joule (J) est l'unité officielle de l'énergie. Mais elle est de petite taille. On lui préfère souvent le wattheure (Wh), l'énergie délivrée par une installation d'un watt de puissance pendant une heure. Pour la même raison que ci-dessus, c'est couramment le kilowattheure (kWh), le millier de wattheure, que l'on rencontre dans le monde des énergies domestiques. P.ex., c'est en kWh qu'est calculée la consommation domestique sur les factures d'électricité – c'est aussi la bonne unité pour définir les tarifs d'achat aux producteurs d'électricité verte domestique. Cependant, si on rapporte à l'année les productions annuelles d'énergie, même domestiques, elles peuvent atteindre des multiples du gigawattheure (GWh), millier de kWh (dans Guide des énergies vertes, op. cit., p. 157).

¹⁶ Spektrum der Wissenschaft, Spezial, p. 53.

¹⁷ Professeur à l'Université de Berkeley, Californie, directeur du Laboratoire pour énergies renouvelables.

¹⁸ L'éthanol de cellulose est produit à partir de la fraction non comestible des cultures alimentaires renouvelables. C'est un carburant renouvelable produit à partir de déchets comme la paille de blé, les copeaux de bois et le panic raide. Au moyen de divers procédés chimiques, dont l'utilisation d'enzymes, la cellulose est décomposée en sucres qui fermentent avec de la levure. Le produit résultant est ensuite distillé pour en faire de l'éthanol. Bien que la transformation en cellulose et la combustion de l'éthanol entraîne des émissions de gaz à effet de serre, l'utilisation de l'éthanol a pour effet net de réduire considérablement ces émissions, comparativement à celle des combustibles fossiles. L'importance de cette réduction dépend de la matière première et des procédés utilisés pour produire l'éthanol (www.gmcanada.com, www.energine.com).

¹⁹ Piro, P., op. cit., p. 64.

²⁰ Geyser aux Etats-Unis, en Islande ; volcans en Sicile, au Japon, aux Iles Hawaii, etc.

²¹ Huenges, E., « Energie aus der Tiefe », dans Erneuerbare Energie, Wiley-VCH Verlag, Weinheim, 2007, p. 52 (www.wiley-vch.de).

²² Geothermal Energy Association, Worldwide contribution of Geothermal Power generation (www.geo-energy.org).

²³ Spiegel, op. cit., p. 74.

²⁴ « L'énergie des profondeurs », dans Deutschland, op. cit., pp. 54-55.

²⁵ Changement climatique : Agir pour un défi majeur !, 1^{er} Plan d'action en vue de la réduction des émissions de CO₂, Ministère de l'Environnement, avril 2006, Luxembourg.

²⁶ Klimaschutz durch Nutzung erneuerbarer Energien, Bundesministerium für Umwelt, Oktober 1999.

²⁷ Lire Delaunoy, P., « Le Luxembourg, l'Europe et le monde face au défi du changement climatique », dans forum 283, février 2009.