

**TRANSITION ÉNERGÉTIQUE :
PLUS VITE VERS UN SYSTÈME
PLUS VERT ?**

TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : PLUS VITE VERS UN SYSTÈME PLUS VERT ?

Johan Albrecht

Senior Fellow à l'Itinera Institute

Professeur à l'Université de Gand (Faculté d'économie et de gestion
des entreprises)

Professeur à la Hogeschool-Universiteit Brussel

ASP

Couverture : Stipontwerpt, Brussel

Image de la couverture : Leo Timmers

Mise en page : Stipontwerpt, Brussel

Imprimé par : Flin Graphic Group, Oostkamp

Imprimé sur : Printspeed, Offset, sans bois, 115/m²,
PEFC

© 2009 ASP sa (Academic and Scientific Publishers sa)

Galerie Ravenstein 28

B-1000 Bruxelles

Tel. 0032 (0)2 289 26 50

Fax 0032 (0)2 289 26 59

info@aspeditions.be

www.aspeditions.be

ISBN 978 90 5487 665 6

NUR 740/860

Dépôt légal D/2009/11.161/120

Tous droits réservés. Aucun extrait de cet ouvrage
ne peut être reproduit, ni saisi dans une banque de
données, ni communiqué au public, sous quelque forme
que ce soit, électronique, mécanique, par photocopie,
film ou autre, sans le consentement écrit et préalable
de l'éditeur.

PARTIE 1

TRANSITION : RÉVOLUTION OU UTOPIE ? 13

01 | Révolution ou utopie en matière d'énergie ? 14

02 | Giacomo Ciamician et la transition énergétique 24

03 | Pénurie ou abondance d'énergies fossiles 30

04 | Avec ou sans pics pétroliers 46

05 | Le paysage énergétique actuel 56

06 | La transition est-elle une utopie ou une opportunité ? 70

PARTIE 2

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE : TOUR D'HORIZON 77

01 | La vision de l'AIE : Energy Technology Perspectives 2008 78

02 | La révolution technologique : tour d'horizon 98

03 | Conclusions 112

PARTIE 3	
RENOUVELABLE, FOSSILE OU SURTOUT EFFICACE ?	123
01 Introduction	124
02 La comparaison de différentes technologies	128
03 Potentiel & attractivité des coûts ≠ réalité	142
04 Subsides à la production : trop faibles, trop élevés ou juste ce qui convient ?	150
05 Barrières non économiques	162
06 La dominance du carbone	176
07 L'inefficacité est-elle une garantie pour la domination ?	184
08 Conclusions	196
PARTIE 4	
LES CONDITIONS DE LA TRANSITION	203
PARTIE 5	
CONCLUSIONS ET PROPOSITIONS	245

CONDITIONS & LEVIERS POUR UN SYSTEME ENERGETIQUE DURABLE

CONSTAT :

Nécessité de transition | Ch. 1.1, pp. 17-22

- Le système énergétique actuel n'est pas durable. En matière d'énergie, diverses problématiques demandent une solution comportant une transition ambitieuse sur le plan énergétique.

Potentiel de transition | Ch. 2.1, pp. 81-96

- L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a calculé qu'une énergie de transition ambitieuse peut devenir une réalité à l'horizon 2050. Il n'est pas impossible que, dans leur ensemble, les émissions de CO2 soient stabilisées, voire réduites de moitié. Pour ce faire, il est nécessaire de consentir des investissements supplémentaires pour un montant de 17 000 à 45 000 milliards de dollars. Et il s'agit de modèles optimistes... Le coût réel de la transition sera vraisemblablement bien plus élevé.

Un mélange technologique au lieu d'une sélectivité technologique | Ch. 2.1, pp. 101-109

- Pour faire de la transition énergétique une réalité, il faut utiliser de manière optimale toutes les options technologiques. Les investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique peuvent générer plus de la moitié de l'indispensable réduction des émissions. Les technologies en matière d'énergies renouvelables ont aussi un rôle important à jouer, de même que le captage et stockage de dioxyde de carbone (en anglais « Carbon Capture and Sequestration » (CCS)) et, dans une moindre mesure, la technologie nucléaire. La sélectivité technologique, telle qu'une politique de transition sans CCS ou sans énergie nucléaire, rend la transition beaucoup plus chère et hypothèque même la réalisation d'un objectif ambitieux en matière de réduction des émissions de CO2.

PLAN D'ACTION

Leviers en matière de transition | Ch. 2.1, pp. 81-96

- Les instruments de prix + la relance des efforts en matière de recherche et développement : transition énergétique

- La réflexion sur la transition énergétique doit partir du point de vue de l'efficacité en termes de coûts. En conséquence, les leviers les plus importants pour une efficacité en termes de coûts et pour une transition énergétique importante sont l'instrument des prix, d'une part, et la relance des efforts en matière de recherche et de développement, d'autre part.
- Des budgets plus élevés pour la recherche et le développement doivent aussi prévoir des incitants pour diverses expériences de faibles dimensions faisant ultérieurement l'objet d'une évaluation approfondie. De plus, il faut de nouveau investir des montants importants dans des technologies basées sur les énergies fossiles qui font preuve d'une plus grande efficacité.
- l'impact de l'actuelle politique d'aide sur la dynamique technologique est mieux évalué ;
- toutes les options technologiques sont utilisées les unes contre les autres, et les autorités n'imposent pas de sélectivité technologique ;
- l'efficacité est rétribuée efficacement, ce qui veut dire en visant le coût des réductions de CO2 ;
- en plus de l'instrument des prix, une aide particulière pour la recherche et le développement a été prévue pour les technologies naissantes ;
- l'instrument des prix est utilisé pour rendre possible les transferts des pays riches vers les pays pauvres ;
- un regard pragmatique sur la fiscalité énergétique est central dans le débat sur la transition énergétique ;
- la communication se déroule de manière transparente à propos des avantages et désavantages de chaque technologie ou de l'option de réduction ;
- la politique vise les résultats de la transition au lieu de viser les effets « cadeaux » cachés destinés aux catégories de revenus élevés ;
- les arguments des lobbyistes sont confrontés à la réalité ;
- l'imprévisibilité de la transition est acceptée.

AUTRES CONDITIONS CONCERNANT LA TRANSITION | CH. 3, PP. 127-200 CH. 4, PP. 206-242

La transition peut réussir si les éléments suivants sont rassemblés :

- la transition énergétique devient un projet global ;
- le secteur privé est mobilisé ;
- la dimension systémique du système énergétique prime sur la priorité accordée à certaines technologies d'offre d'énergie sans carbone ;

AVANT-PROPOS

Le réchauffement climatique met des limites à l'économie fossile. Le développement spectaculaire des pays asiatiques avec leurs milliards d'habitants menace de dépasser ces limites, avec pour conséquence un énorme risque écologique, économique, humanitaire et géopolitique. Sauf si nous trouvons un modèle énergétique plus durable. L'écologie et l'économie étaient parfois aux antipodes l'une de l'autre. Dans la lutte pour une économie plus durable et plus verte, ils sont alliés. Parce que « vert » et « économie » sont des synonymes pour l'innovation, les technologies, l'infrastructure, l'emploi et la croissance. Cela en fait un sujet politique intoxicant.

L'économie verte ne se retrouve donc pas pour rien en haut de l'agenda politique de nombreux pays. La crise économique y est pour quelque chose également. Tous les pays développés et tous les pays en développement importants voient dans l'économie verte le secteur porteur du futur par excellence. Avant la crise, les taxes, les subsides et les normes d'émission étaient les principaux instruments d'une politique destinée à inciter une consommation et une production plus verte et plus consciente de l'énergie. Après la crise, de plus en plus de pays préparent des plans industriels ambitieux pour devenir le moteur et le leader du marché dans le « Brave Green World » du 21^{ème} siècle. Une course aux armements verte se dessine.

Que doivent faire les responsables politiques belges face à cette évolution mondiale ? Le vert peut-il devenir l'avenir de l'économie et de l'emploi, et si oui : comment ? Quelles priorités politiques s'imposent ? Comment éviter que la frénésie verte se transforme au final en un mythe vert ? Comment rendre fructueuse la transition énergétique vers une économie verte durable ? Comment positionner notre pays pour pouvoir au maximum récolter les fruits d'un processus mondial qui contienne autant d'opportunités que de risques ? Quels choix se dessinent, tant à court terme qu'à long terme ?

Pour répondre à ces questions fondamentales, le présent livre offre inspiration et éclairage. Johan Albrecht présente le potentiel de la transition énergétique. Il explique qu'un mix de divers chemins technologiques mènera à une Rome verte. La solution unique et magique n'existe pas. Dès lors, les responsables politiques doivent développer une stratégie claire qui maximise le potentiel des possibles leviers pour la transition énergétique. La politique doit être variée et pragmatique. L'efficacité et l'effectivité sont les priorités à court terme.

Ce livre offre une image complète des conditions politiques nécessaires pour que la transition énergétique vers une économie verte génère une combinaison durable de l'écologie et de l'économie. La durabilité est essentielle. Des excès aujourd'hui vont miner à la fois l'écologie et l'économie de demain. L'auteur Johan Albrecht fait preuve de réalisme et de bon sens. Il met l'accent sur la responsabilité combinée du gouvernement et du marché, avec un mécanisme de prix comme lien indispensable entre les deux. La transition énergétique peut être encouragée mais elle n'est pas programmable; elle est inévitable, mais aussi imprévisible. La distinction entre une politique durable et une politique à effet de bulle est dès lors essentielle. Ce livre offre à cet effet un mode d'emploi osé et constructif.

Marc De Vos
Directeur de l'Itinera Institute

REMERCIEMENTS

Je remercie toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce rapport. Par leurs remarques et leurs apports judicieux, elles m'ont permis de compléter, nuancer, finaliser les différentes parties de cette étude. Je remercie tous les collaborateurs de l'Itinera Institute et les experts extérieurs qui nous ont accompagnés dans la conception et la réalisation de l'étude, en particulier l'équipe de « Clean Energy Generation » pour les discussions franches et intenses à ce sujet.



PARTIE 1

**TRANSITION:
RÉVOLUTION OU
UTOPIE?**

01

RÉVOLUTION OU UTOPIE EN MATIÈRE D'ÉNERGIE ?



Le système énergétique n'est actuellement pas durable, et une véritable révolution énergétique s'impose. Malgré tous les discours portant sur les problèmes énergétiques et climatiques, on ne sait pas encore s'il existe vraiment une volonté de prendre des mesures radicales.

L'état actuel de la technologie exclut une révolution énergétique rapide. En effet, l'ensemble du système énergétique est encore constitué à 99% de « vieilles » technologies. La transition se déroule donc très lentement. Cette curieuse dynamique s'explique par la longueur de la durée d'utilisation des biens d'équipement et par les problèmes liés à l'information. Il est tout à fait pertinent d'accorder la priorité à l'ensemble du système énergétique car la transition énergétique est et reste un effort collectif, de sorte que la coordination internationale soit nécessaire. Le paysage énergétique actuel reflète les progrès de l'Asie sur le plan économique ainsi que les possibilités d'économies d'énergie dans les pays de l'OCDE.

Les problèmes énergétiques sont soumis à de multiples problèmes d'information, de sorte qu'il n'est pas possible de définir la politique parfaite. Même la pénurie de pétrole que l'on craint apparaît relativement gérable à court terme.

Des décideurs ambitieux sont face à de nombreuses options, mais ils paraissent pour le moment devoir subir le phénomène du syndrome BANANA, dérivé du syndrome NIMBY.

Il est essentiel d'investir dans la recherche technologique, mais il faut aussi accélérer vivement la rénovation générale de l'industrie. Pour le moment, les effets de levier les plus puissants résident dans l'augmentation de l'efficacité des technologies utilisant des énergies fossiles.

Une politique de transition adéquate permet de mieux maîtriser les grandes incertitudes en matière d'énergie.

Ce dont nous avons besoin c'est d'une vraie révolution énergétique.

Les problèmes énergétiques sont surtout présentés comme des histoires logiques.

Existe-t-il vraiment une disposition à l'action ou une volonté d'action ?

Le système énergétique actuel n'est plus soutenable, et il le sera encore moins si l'on en croit les prévisions à court et à moyen terme en matière d'énergie. Ce dont nous avons besoin, c'est d'une véritable révolution énergétique. Pour remplacer le système actuel, non durable, il faut, le plus rapidement possible, donner forme à un système d'énergie verte. Ce message alarmant a suscité un grand nombre de rapports sur l'énergie et sur le climat.

Bien sûr, on trouve de longues listes de recommandations et de remèdes dans les rapports sur l'énergie et sur le climat. L'histoire ainsi construite suit une certaine logique. Après la présentation du problème, la solution est dévoilée étape par étape. En effet, pour intégrer des affirmations, nous avons grand besoin que l'histoire racontée recèle une intrigue. Ceci vaut également pour les scientifiques. Mais, dans de nombreux cas, la liste des solutions proposées reste un exercice intellectuel qui n'engage pas véritablement. Beaucoup de solutions restent confinées à la discussion intellectuelle tandis que, dans la réalité, le problème continue à s'aggraver. L'existence de solutions ne signifie rien en soi ou alors très peu. Malgré l'urgence d'une problématique alarmante, il ne se passera rien si des mesures concrètes ne sont pas prises et si les comportements ne sont pas modifiés. Et ceci ne vaut pas uniquement pour les dossiers relatifs à l'énergie ou à l'environnement. La faim et la sous-alimentation, la mortalité infantile, le sida, l'obésité, etc. sont des problèmes aigus avec un taux de mortalité élevé et pour lesquels il est possible de concevoir des solutions relativement simples. Mais dans la pratique, il semble très difficile de mettre en place des solutions durables et convaincantes.

LA TRANSITION COMME COMPROMIS PRAGMATIQUE ?

Dans de nombreux rapports de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)¹, on s'interroge encore souvent sur l'existence d'une disposition à l'action et d'une volonté d'action malgré les beaux discours sur le changement climatique et sur les problèmes énergétiques ... Le discours sur l'énergie et le climat a beau offrir une intrigue à effet mobilisateur, on attend toujours les premiers signes d'une révolution énergétique globale.

¹ Voir par exemple la préface de l'AIE (2008) dans *Energy Technology Perspectives 2008* (Perspectives des technologies de l'énergie) : « Malgré tout ce qu'on dit sur le changement climatique, la demande d'énergie n'a cessé de croître au cours des dernières années de même que les émissions de CO₂ au niveau mondial. [...] Rien de moins qu'une révolution énergétique est nécessaire. Mais l'engagement et la volonté sont-ils réellement présents ? » (p. 3)

Une transition énergétique est un changement progressif du système énergétique.

L'état actuel de la technologie exclut une révolution énergétique rapide. Les systèmes utilisant les énergies fossiles domineront encore le paysage pendant des dizaines et des dizaines d'années.

Le discours autour de la politique climatique, de la pénurie des énergies fossiles, et autour de l'énergie renouvelable n'a finalement pas eu beaucoup d'impact.

Peut-être que le concept de « révolution énergétique » ne convient-il pas vraiment lorsqu'on sait qu'un système énergétique change relativement lentement. Le concept de transition énergétique ou du changement progressif du système énergétique est étroitement lié à la révolution énergétique visée.

Les concepts de transition énergétique et de révolution énergétique n'ont pas la même dimension temporelle. Une transition ou un passage indique un changement progressif dans lequel l'impact cumulatif de quelques décisions fait une grande différence au bout d'un certain temps. Une révolution énergétique suggère plutôt un bouleversement soudain où le système énergétique change radicalement en un court laps de temps. L'état actuel de la technologie exclut une révolution énergétique rapide.

ÉNERGIE RENOUVELABLE MODERNE : AUGMENTATION DE 1%

Une technologie énergétique non fossile gagne clairement en importance, mais a encore un long chemin devant elle avant de vraiment pouvoir remplacer les systèmes utilisant les énergies fossiles. Ceux-ci domineront encore le paysage pendant des dizaines et des dizaines d'années. La part des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables comme les turbines éoliennes et les panneaux solaires est et reste marginale dans l'ensemble des systèmes énergétiques présents sur le marché.

TABLEAU 1-1: PART RELATIVE DES TECHNOLOGIES ÉNERGÉTIQUES ANCIENNES ET 'MODERNES' DANS LE SYSTÈME ÉNERGÉTIQUE MONDIAL (EN %)

Technologie	1990	2010
Ancienne (fossile, nucléaire, hydro, biomasse)	99,60%	> 99%
Moderne (éolien, panneaux solaires, géothermie)	0,40%	< 1%

En 1990, la part de l'éolien, des panneaux solaires et de l'énergie géothermique représentait 0,4% de l'ensemble des systèmes énergétiques ². Quinze ans plus tard, cette part ne représente toujours que 0,55%. Il y a de quoi être frustré. Le discours autour de la politique climatique, de la pénurie des énergies fossiles, et autour de l'énergie renouvelable n'a finalement pas eu beaucoup d'impact. Mais on ignore cette réalité lors des vives enchères mises aujourd'hui sur la transition, l'objectif avancé étant par exemple une réduction mondiale du CO₂ de 80% pour 2050. L'expansion

² En outre, il y a encore naturellement aussi les technologies de l'énergie renouvelable déjà prêtes, telles que les centrales hydro-électriques et l'utilisation de la biomasse.

L'expansion des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables entre 1990 et 2005 est à peine égale au quart de l'expansion des centrales au charbon entre 1999 et 2001.

des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables entre 1990 et 2005 est à peine égale au quart de l'expansion des centrales au charbon entre 1999 et 2001. Entre 2005 et 2006, la Chine a réalisé une capacité supplémentaire en matière de charbon trois fois plus importante que l'expansion des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables entre 1990 et 2005. Il ne s'agit évidemment pas de conclure que rien n'a changé depuis 1990. Entre 2006 et 2010, nous nous attendons tout de même à une augmentation significative de l'énergie éolienne et solaire car, pour le moment, certains grands pays comme les États-Unis réalisent effectivement des progrès. Cependant, croire que des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables vont remplacer une partie considérable des systèmes utilisant les énergies fossiles en une à deux décennies est excessivement optimiste.

De toute évidence, l'accélération rapide de la dynamique du système d'énergie suppose l'invocation généralisée d'arguments décisifs.

LES AFFABULATIONS AUTOUR DE L'ÉNERGIE

Pourquoi continuons-nous à investir dans un système qui peu à peu atteint les limites géologiques de sa propre finitude ?

Les systèmes utilisant les énergies fossiles sont en augmentation constante, ce qui, pour beaucoup de gens, indique que les prévisions pessimistes concernant la pénurie des énergies fossiles sont tout de même un peu exagérées. Car pourquoi continue-t-on à investir dans un système limité sur le plan géologique et qui, peu à peu, arrive à son terme ? Cette vision, d'un côté, nous donne suffisamment de temps pour élaborer un système énergétique alternatif, mais, de l'autre côté, menace de nous endormir. Les réserves de gaz et de charbon permettent à la fête de durer encore longtemps, et, dans le futur, l'évolution des émissions de CO₂ dépendra quand même de la Chine et de l'Inde.

Une politique de transition pragmatique donne corps à un avenir énergétique et peut nous protéger face aux plus grands chocs énergétiques.

Ou bien est-ce parce qu'il n'existe pas encore d'alternative économiquement responsable que tout le monde investit dans l'expansion des systèmes utilisant les énergies fossiles ? Dans ce cas, nous allons au devant de surprises très désagréables. Qu'allons-nous faire lorsque la pénurie des énergies fossiles se fera soudainement sentir, de manière inattendue, s'il n'existe pas encore d'alternative économiquement responsable ? L'avenir est incertain, et les images d'avenir, totalement divergentes, peuvent, ou bien avoir un effet fortement mobilisateur, ou bien faire avant tout que l'on se bloque. L'élaboration d'une politique de transition pragmatique peut permettre de donner corps à un avenir énergétique et peut nous protéger face aux plus grands chocs énergétiques.

Avec une bonne politique de transition, nous contrôlons en partie les défis au devant desquels nous allons au lieu de devoir les subir.

Des intrigues simples peuvent pourtant aussi appeler l'attention sur une erreur narrative.

Les multiples micromesures constituent-elles les bases solides d'une transition énergétique ?

Qu'en sera-t-il si, en raison justement de la conscience de la pénurie, les systèmes utilisant les énergies fossiles deviennent plus puissants et plus efficaces ?

Si nous récapitulons l'évolution énergétique, notre nouvelle intrigue peut être résumée comme suit : « *Notre système énergétique actuel n'est pas durable, de sorte qu'une transition énergétique est nécessaire pour anticiper l'énorme incertitude en matière d'énergie.* » La transition énergétique a pour résultat final un système énergétique plus durable ou même très durable, et la problématique originale disparaît pour de bon ou diminue fortement. Avec une bonne politique de transition, nous contrôlons en partie les défis au devant desquels nous allons au lieu de devoir les subir. Nous devenons des gestionnaires du système énergétique et moins des spectateurs qui subissent les changements.

Une transition énergétique est moins ambitieuse ou moins radicale qu'une véritable révolution énergétique. Nous avons donc une intrigue plus attrayante, plus logique et apparemment plus réaliste.

... OU UNE ERREUR NARRATIVE ?

Cette approche peut aussi sembler simpliste et superficielle. Sommes-nous bien sûrs que la transition énergétique peut devenir réalité ou cela n'est-il qu'illusion? L'évolution de la part de marché des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables suggère que même une transition modeste est loin d'être garantie. Et les multiples initiatives qui, partout, sont prises ou envisagées constituent-elles bien les bases solides d'une transition énergétique ?

Pour le moment, il n'est pas possible de répondre à ces questions de manière concluante. Sur le long terme, les évolutions technologiques restent imprévisibles. Pour ces raisons, beaucoup d'analyses des systèmes énergétiques se font dans un horizon relativement proche, par exemple 2030 ou 2040.

L'analyse de la transition énergétique est cependant beaucoup plus qu'un exercice de prospective. Pourquoi les systèmes utilisant les énergies fossiles sont-ils devenus dominants, quelle est leur force et peuvent-ils encore devenir plus puissants à l'avenir? Les stocks d'énergies fossiles ne sont pas infinis, mais qu'en sera-t-il si, en raison justement de la conscience de la pénurie, les systèmes utilisant les énergies fossiles gagnent en puissance et en efficacité ? *Quoi de neuf sous le soleil ?*

QUOI DE NEUF SOUS LE SOLEIL

La transition énergétique n'est évidemment pas un concept nouveau. En 1300 après Jésus-Christ, une transition a commencé avec l'augmentation de l'utilisation du charbon en Europe : il s'agissait alors du passage de systèmes utilisant des énergies non fossiles à des systèmes utilisant les énergies fossiles. À cette époque, les principaux composants des systèmes utilisant les énergies non fossiles étaient la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie hydraulique. Mais les technologies utilisant les énergies renouvelables perdaient leur attrait face au concurrent fossile qui faisait son apparition. L'arrivée de systèmes utilisant l'énergie fossile a permis plus tard un bond énorme en matière de bien-être, et a protégé des coupes rases les forêts de Grande-Bretagne et d'ailleurs.

RENDEMENT DES EXPÉRIENCES

Dans pratiquement tous les pays, on fait déjà depuis longtemps des expériences en matière de technologies utilisant les énergies alternatives. L'intérêt que ces dernières suscitent s'est accentué pendant la première crise pétrolière, mais s'est amoindri ensuite aussi rapidement que baissaient les prix du pétrole. Les chercheurs continuent leurs travaux, grâce auxquels nous savons que les eaux d'égout, le fumier, les algues, les noix de coco, l'huile de friture et le miscanthus peuvent, d'une manière ou d'une autre, jouer un rôle dans le système énergétique du futur. Parmi ces expériences à petite échelle, nombreuses sont celles qui ont à peine plus d'impact qu'un passe-temps, mais elles permettent tout de même de tirer des enseignements utiles. Plus on fait d'expériences, plus notre niveau de connaissances est élevé. Souvent ces expériences ne donnent pas les résultats espérés, mais ce n'est pas un drame. Il faut analyser en profondeur uniquement les expériences qui réussissent et les multiplier de la manière la plus rentable possible. Pour avoir des systèmes qui utilisent moins d'énergies fossiles et qui soient plus diversifiés, il faut faire des expériences tous azimuts puis sélectionner ce qui convient. Les pays qui investissent dans de telles expériences (de petites dimensions) peuvent de ce fait disposer d'une avance technologique qui pourra ultérieurement être réalisée de manière généralisée.

Plus on fait d'expériences, plus notre niveau de connaissances est élevé.

SUITE DE L'HISTOIRE

Dans cette première partie, nous examinerons, pour commencer, le paysage actuel en matière d'énergie. Quelle est l'importance des systèmes utilisant les énergies fossiles ? À côté de la perspective mondiale, on accordera une attention particulière à la situation belge. Nous verrons aussi à quand remonte l'interprétation moderne du concept de transition énergétique ? La première partie se termine sur différentes conceptions de la transition énergétique, qui sont contradictoires, pour la plupart. Nous posons la question de savoir si la transition énergétique est réellement une grande opportunité ou bien s'il s'agit d'une utopie naïve. Dans les parties qui suivent, nous examinerons les fondements des différentes conceptions et nous verrons à quoi pourrait ressembler la transition énergétique d'ici à 2050. Pour ce faire, nous nous basons principalement sur l'ouvrage de l'Agence internationale de l'énergie intitulé *Energy Technology Perspectives* (Perspectives des technologies de l'énergie). Dans cet aperçu, beaucoup d'attention sera accordée aux attentes à propos des technologies relatives aux énergies renouvelables, puis nous examinerons le contexte stratégique à propos des sources d'énergie renouvelable. Nous étudierons également les avantages complémentaires qu'il faudra assurer par cette politique pour soutenir l'énergie renouvelable. Cette vue d'ensemble sera suivie d'un chapitre portant sur la politique. Ensuite, nous dresserons le bilan des conclusions les plus importantes.



PROPOSITION

L'ensemble du système énergétique évolue très lentement. Une politique de transition doit accélérer cette dynamique afin de mieux maîtriser les grandes incertitudes en matière d'énergie. Ceci n'est possible que si des instruments politiques très puissants sont mis en œuvre de manière généralisée. L'instrument des prix et une aide adéquate pour la recherche et le développement des technologies utilisatrices d'énergie doivent donc être au cœur de la politique de demain.

PROPOSITION

Dans une perspective générale, on remarque incontestablement à quel point les vieilles technologies utilisatrices d'énergie sont réellement importantes pour le système énergétique. L'amélioration de ces technologies, qui sont surtout des technologies utilisant des énergies fossiles, mérite plus d'attention qu'on ne lui en accorde actuellement car de grands avantages écologiques peuvent être retirés de l'amélioration des technologies utilisant des énergies fossiles.

Quick win : Essayer autant que possible de nouvelles technologies accélère notre compréhension des possibilités offertes par la transition. Les pays qui investissent dans de telles expériences (de petites dimensions) peuvent de ce fait disposer d'une avance technologique qui pourra ultérieurement être réalisée de manière généralisée.

02

GIACOMO CIAMICIAN ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE



La pensée moderne relative à la transition est née il y a près d'un siècle. La conscience de la pénurie de pétrole remonte pourtant à 1865, mais pendant des dizaines d'années, on n'a pas fait attention à la transition du charbon au pétrole, évolution pourtant importante. Depuis lors, nos connaissances se sont accrues de manière exponentielle, mais nous continuons à disposer principalement de technologies utilisant des énergies fossiles.

La pensée moderne relative à la transition est née il y a près de cent ans.

Le premier penseur de la transition énergétique : « Le problème du futur commence à nous intéresser. »

On accorde de plus en plus d'attention à l'interprétation « moderne » du concept de transition énergétique dans le sillage de la politique climatique, pourtant, il ne s'agit pas d'un concept nouveau. La pensée moderne relative à la transition est née il y a près d'un siècle. Déjà en 1912, lors du huitième congrès international de chimie appliquée qui se déroulait à New York, Giacomo Ciamician, chimiste italien, préconisait de remplacer le charbon par l'énergie présente dans la lumière du soleil atteignant la terre jour après jour. Comme chimiste, il comprenait que le charbon était la source de toute prospérité, mais que, cette source n'étant pas inépuisable, il fallait réfléchir à l'imminence d'une pénurie : « *La civilisation moderne est la fille du charbon fossile ; la houille offre à l'humanité civilisée l'énergie solaire sous la forme la plus concentrée ; [...] l'homme d'aujourd'hui s'est servi et se sert avec une avidité croissante et une prodigalité inconsciente pour conquérir le monde. La terre en possède encore d'énormes gisements ; mais ils ne sont pas inépuisables. Le problème de l'avenir commence à intéresser.* »³

Ciamician était un scientifique polyvalent, connu surtout pour ses contributions au développement de la chimie organique. Il a consacré beaucoup de son temps à l'analyse de la photosynthèse dans les plantes parce que, dit-il, la photosynthèse est l'essence de la chimie. L'interaction entre la lumière solaire et la matière est en effet le phénomène naturel le plus important et le plus ancien. Il y avait naturellement déjà eu d'autres scientifiques qui avaient eu des idées semblables à celles que Ciamician a développées. Mais à la différence de ceux-là, Ciamician était une autorité reconnue à l'international, et ses écrits ne sont pas tombés dans l'oubli. L'histoire est en effet très sélective, et seuls les travaux des plus grands auteurs sont encore lus de temps en temps par des historiens. Il apparaît alors qu'il y a un siècle d'ici, des scientifiques formulaient déjà en substance les mêmes idées que celles qui sont développées aujourd'hui. L'histoire des sciences mérite plus d'attention qu'on ne lui en accorde actuellement. Pourtant, son enseignement disparaît lentement mais sûrement de tous les programmes de cours. De ce fait, beaucoup d'idées sont perdues, et les jeunes chercheurs débutent leur carrière avec un regard fort limité sur la réalité.

³ Venturi, Balzani en Gandolfi (2005). *Fuels from solar energy. A dream of Giacomo Ciamician, the father of photochemistry*

JEVONS, 1865

Avec sa proposition de préparer la transition énergétique et, pour ce faire, d'utiliser la nature comme source d'inspiration, Ciamician était en avance sur son temps. Pourtant, nous ne devons pas oublier que la conscience de la finitude des gisements de charbon était présente depuis bien plus longtemps encore et que ce thème faisait l'objet de débats houleux. En 1865, Jevons se demandait déjà dans quelle mesure le développement industriel de l'Angleterre serait freiné par l'épuisement des veines de houille présentes dans le pays. Jevons n'avait cependant pas compris que, de l'autre côté de l'océan Atlantique, on avait entre-temps déjà découvert du charbon liquide. En 1859, lors d'un forage dans les environs de Titusville, en Pennsylvanie, on découvrait le premier champ pétrolifère à une profondeur de vingt mètres à peine. Cet événement a apporté une opulence inouïe et a changé le monde en à peine un siècle. Selon Peter Sloterdijk ⁴, « le bain de pétrole est le baptême de l'homme contemporain » avec son mode de vie visant le plaisir.

Le pétrole a créé l'homme d'aujourd'hui avec son mode de vie facile (*easy way of life*).

On se dit maintenant qu'il est curieux que la découverte du pétrole ait été pendant si longtemps totalement ignorée par les grands esprits de l'époque. Il n'y a eu pratiquement aucun commentaire pendant les quarante à cinquante ans qui ont suivi cette toute nouvelle transition énergétique. Ainsi, la femme d'Alfred Marshall, un des grands intellectuels britanniques de la fin du XIX^e siècle et du début du XX^e, lui demanda, à l'occasion de son 78^e anniversaire s'il souhaitait plus tard revenir un jour sur terre. Marshall répondit que la vie éternelle ne l'intéressait pas, mais il se laissa tout de même séduire par la question de savoir à quoi ressemblerait le monde en 2020 après l'épuisement définitif des gisements de charbon ⁵. En 2020, il aurait été étonné de constater qu'il restait encore du charbon pour plus de cent ans.

Pourtant, ce *gusher* (éruption, jaillissement de pétrole) n'a pas immédiatement entraîné des visions passionnantes à propos de l'ère du pétrole. Le lendemain de la découverte, des doutes étaient émis : « les gisements sont trop limités », peut-on lire ici et là. Quelques dizaines d'années plus tard, Henry Ford devait convaincre ses investisseurs et partenaires d'affaires que le pétrole existait en quantités suffisantes pour permettre le développement de l'industrie automobile en un secteur industriel à part

⁴ Peter Sloterdijk (2006). *Le Palais de Cristal. À l'intérieur du capitalisme planétaire*, Éditions Maren Sell, 2006

⁵ Francesco Boldizzoni (2008). *Means and ends. The idea of capital in the West, 1500-1970* (Palgrave, New York)

La conscience de la pénurie de pétrole est restée très présente dans l'industrie automobile américaine jusqu'en 1930.

entière. La conscience de la pénurie de pétrole est restée très présente dans l'industrie automobile américaine jusqu'en 1930. Jusqu'alors, la vision prédominante prévoyait que les gisements de pétrole existants pouvaient encore assurer quinze à vingt ans de consommation, consommation qui, à l'époque, était faible.

La conscience de la pénurie des énergies fossiles est aussi ancienne que la première utilisation de charbon ou de pétrole, et Ciamician n'était certainement pas le premier à réfléchir à l'imminence de cette pénurie. Il était cependant l'un des premiers à prendre exemple sur la nature pour une quête d'alternatives. En 1912, Ciamician savait déjà que les gisements mondiaux de charbon offriraient moins d'énergie qu'une petite fraction de la lumière solaire, qui profite à la terre année après année. Il avait bien sûr raison. Cent ans plus tard, nous en savons bien plus, mais nous ne sommes pas devenus assez efficaces dans la captation de l'énergie solaire, qui est gratuite et abondante. Ce n'est pas vraiment réconfortant...

03

PÉNURIE OU ABONDANCE D'ÉNERGIES FOSSILES



La rénovation industrielle doit être accélérée pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et anticiper la pénurie d'énergies fossiles. Ce rapide survol suggère que la problématique de la pénurie concerne surtout l'utilisation de pétrole et le secteur des transports. L'arrivée de la voiture électrique et de la voiture hybride (plug-in) est une réponse appropriée à la pénurie de pétrole à condition que la production d'électricité augmente fortement. De ce fait, la demande de gaz, de charbon et d'uranium peut fortement augmenter.

Des problèmes d'information fondamentaux compliquent la politique optimale en matière d'énergie et de transition. La pénurie d'énergies fossiles est une réalité, mais une catastrophe énergétique à brève échéance est très peu probable. Du moins si des investissements dans une nouvelle capacité sont financés de manière généralisée...

Selon toute vraisemblance, les prix du pétrole resteront relativement élevés entre maintenant et 2030. Mais des prix élevés accélèrent les investissements dans les améliorations de l'efficacité.

La rénovation industrielle doit connaître une accélération spectaculaire pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et anticiper la pénurie des énergies fossiles.

Le paysage énergétique futur dépendra de l'interaction de plusieurs défis (géologique, technologique, climatologique et institutionnel) et des options stratégiques globales choisies. Tout tissu industriel a sa propre dynamique, qui elle-même se renouvelle par grandes vagues. Les technologies anciennes disparaissent parce que le capital d'investissement cherche toujours de meilleurs rendements. De nouvelles technologies énergétiques seront développées et diffusées même en absence de politique énergétique ou climatique. Mais ce processus spontané se déroule vraisemblablement beaucoup trop lentement pour les défenseurs d'une révolution énergétique ou même d'une transition énergétique. La rénovation industrielle doit être accélérée pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et anticiper la pénurie des énergies fossiles.

Des visions divergentes existent à propos de la pénurie des énergies fossiles. Pour certains, il n'y a pas de problème, en fait, car toute pénurie se solutionne d'elle-même par les forces du marché. La pénurie entraîne une hausse des prix, ce qui fait que de nouvelles technologies ont l'occasion de se faire une place sur le marché, et tous les agents économiques, volontairement ou par obligation, cherchent à ce que la demande d'énergie diminue. Une diminution de la demande permet d'atteindre un nouvel équilibre en cas d'offre diminuée, qui peut alors éventuellement être assurée par d'autres technologies. D'autres lient la pénurie à des scénarios catastrophes sur le plan économique. Les gisements connus sont complètement épuisés, et nous avons soit un autre système énergétique, peut-être même tout aussi dynamique, soit nous consommons beaucoup moins d'énergie. La dernière option ne doit pas nécessairement conduire à une diminution draconienne de notre niveau de vie.

PROBLÈMES RELATIFS À L'INFORMATION

Les bonnes décisions ou des décisions optimales ne sont prises que dans les situations où l'on dispose d'informations parfaites ou complètes.

L'approche de ce problème simple en apparence reste cependant très difficile.

Les bonnes décisions et les décisions optimales supposent que l'on dispose d'informations parfaites ou complètes. La stratégie sera différente selon qu'on prévoit pour 2030 un prix du pétrole à 300 dollars ou à 30 dollars. Les problèmes liés à l'information sont légions dans les questions énergétiques et climatiques, et cette situation n'est pas près de changer. Les dégâts locaux ou régionaux en 2050 ou 2100 ne peuvent pas être prévus pour le moment. Il n'est donc pas possible de tracer la stratégie optimale sur la base d'une information parfaite. On reste donc à tergiverser devant des incertitudes.

Une politique de transition n'indique pas tellement le trajet idéal mais essaie de maîtriser tant soit peu les facteurs de risque les plus importants.

Les réserves totales en pétrole restent mal connues, ce qui explique la grande variation des prévisions concernant le nombre d'années d'utilisation.

Par conséquent, il est utile de comparer nos risques entre eux et de comprendre les composantes les plus vulnérables de notre système énergétique. Une politique de transition n'indique pas tellement le trajet idéal mais essaie de maîtriser tant soit peu les facteurs de risque les plus importants.

Un bel exemple du problème crucial relatif à l'information concerne le débat sur les gisements de pétrole et le pronostic relatif au pic pétrolier. Personne ne connaît les gisements totaux de pétrole, et la plupart des estimations prévoient que la quantité de pétrole restant est valable pour encore trente ou quarante ans. Les estimations les plus optimistes donnent même des chiffres entre soixante-cinq et septante-cinq ans. Les réserves totales en pétrole restent mal connues, ce qui explique la grande variation des prévisions concernant le nombre d'années d'utilisation. Il reste difficile d'estimer précisément la production totale d'un gisement connu, et beaucoup d'entreprises pétrolières et de pays pétroliers utilisent une politique qui n'a rien de transparent concernant leurs stocks.

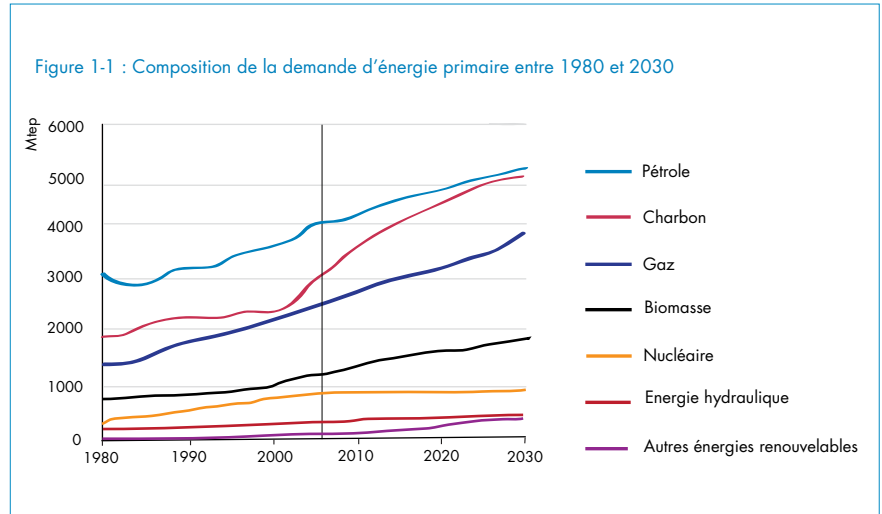
ENCORE POUR TRENTE ANNÉES DE PÉTROLE...

Cela fait déjà plus de trente ans que l'on entend dire qu'il n'y a plus de pétrole que pour trente ans. Dans trente ans, y aura-t-il encore du pétrole pour trente ans ? À cela s'ajoute la perspective de la mort de ce marché, disparaissant après épuisement, perspective qui devrait entraîner des programmes d'actions très radicales pour éviter les réactions de panique. Mais vers où se tourner aujourd'hui pour déceler de tels programmes d'actions radicales ? Ou bien attendons-nous, pour entrer en action, que le dernier baril ait été vendu et que les pompistes affichent une pancarte indiquant « Fermé définitivement » ? Ces questions méritent une réponse, et il est donc éclairant d'analyser la vision de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en la matière.

LE PAYSAGE PÉTROLIER SELON L'AIE

La demande mondiale en énergie primaire augmente chaque année d'environ 1%. En raison du développement économique important de l'Asie, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) prévoit que la demande d'énergie primaire va augmenter de 1,6% par an, ce qui représente une augmentation de 45% d'ici 2030. Comment cette augmentation peut-elle être réalisée ?

Comme réponse à cette question, la figure 1 donne une image de la composition de la demande d'énergie primaire en millions de tonnes équivalent pétrole entre 1980 et 2030 ⁶.



SOURCE : AIE (2008). WORLD ENERGY OUTLOOK 2008

Le charbon acquiert de l'importance et, d'ici 2030, sera aussi important que le pétrole brut.

Selon l'AIE, la biomasse est le grand vainqueur parmi les sources d'énergie renouvelable.

La figure 1-1 montre que, toutes sources d'énergie confondues, la demande d'énergie et la production d'énergie augmentent fortement entre aujourd'hui et 2030. On s'aperçoit que c'est surtout le charbon qui va acquérir de l'importance. D'ici 2030, le charbon sera presque aussi important que le pétrole. L'augmentation de l'importance du charbon est considérablement plus élevée, en millions de tonnes équivalent pétrole, que l'augmentation de l'ensemble de l'énergie provenant de la biomasse, des centrales hydro-électriques, des technologies modernes relatives à l'énergie renouvelable et de l'énergie nucléaire. Jevons et Marshall doivent se retourner dans leur tombe... L'offre et la demande de gaz augmentent aussi à un rythme constant jusque 2030. Parmi les sources d'énergie renouvelable, le grand vainqueur est la biomasse, selon l'AIE. En 2030, la contribution énergétique de la biomasse sera comparable à celle

⁶ L'énergie primaire fournie par quelques sources d'énergie est exprimée en équivalent pétrole ou la valeur énergétique provenant du pétrole afin de pouvoir faire le total de la contribution de diverses sources d'énergie et les comparer.

Les technologies relatives à l'énergie renouvelable sont en 2030 encore toujours moins importantes que les centrales hydro-électriques.

L'AIE s'attend à un cours du pétrole à cent dollars le baril en 2015.

C'est surtout en Chine que l'on observe une très forte augmentation de la demande.

du gaz naturel vers 1990. En 2030, elle sera tout de même égale à près de 30% de la contribution du charbon. On ne peut pas dire que ce soit marginal. On s'attend également à une augmentation de la contribution de l'énergie hydro-électrique et de l'énergie nucléaire, mais la croissance ne sera pas spectaculaire. Les technologies plus modernes relatives à l'énergie renouvelable seront, en 2030, toujours moins importantes que l'énergie fournie par les centrales hydro-électriques, mais le fossé sera relativement moins profond.

La figure 1-1 est réalisée sur base des informations relatives au modèle jusqu'à la mi-2008. Jusqu'à ce moment, la plupart des organisations internationales tablaient sur un ralentissement de la croissance économique mondiale en 2009 et 2010. La crise économique actuelle n'était pas prévue. Par conséquent, les modèles issus de la figure 1-1 se manifesteront avec un retard de quelques années. Il est tout à fait possible que les années 2009 et 2010 connaissent une diminution de la demande d'énergie primaire.

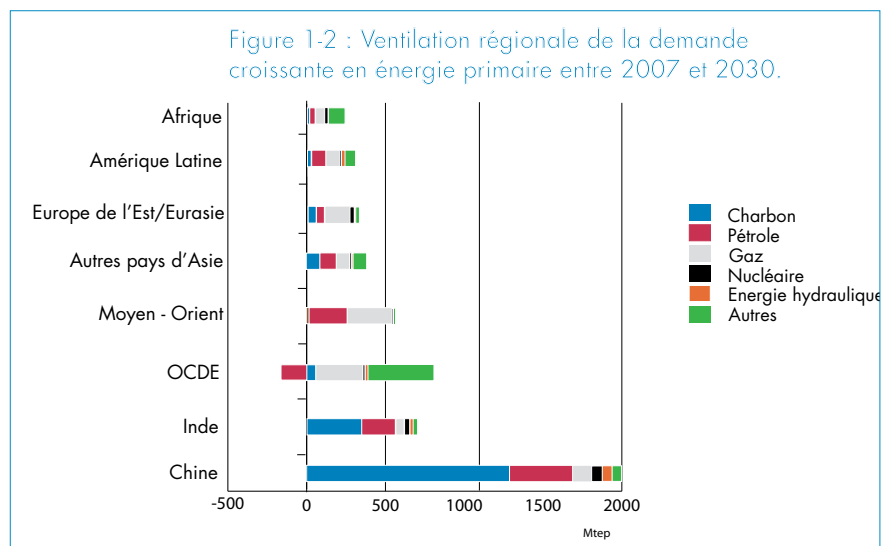
En outre, tout pronostic dépend évidemment des hypothèses sur lesquelles on se base en matière de prix. L'évolution montrée à la figure 1-1 se base sur une augmentation systématique des prix des énergies fossiles et de l'électricité. Ainsi, l'augmentation de la demande de pétrole est basée sur un prix du pétrole de 100 dollars le baril jusqu'en 2015. Après 2015, le prix du pétrole augmentera jusqu'à 200 dollars le baril. Entre aujourd'hui et 2030, la consommation de pétrole augmentera pour passer de 85 à 106 millions de barils par jour.

Selon ces prévisions de l'Agence internationale de l'énergie ⁷, la consommation de pétrole augmentera donc de 24% au cours de cette période, ce qui fait que les réserves connues seront plus rapidement épuisées. Si le prix du pétrole devait être beaucoup plus faible, il faudrait s'attendre à une augmentation plus prononcée de la demande de pétrole. Dans ce dernier scénario, la demande de charbon augmenterait donc vraisemblablement un peu moins vite.

La figure 1-2 donne une ventilation régionale de la demande croissante en énergie primaire entre 2007 et 2030. Il ressort de ceci que pour toutes les régions, la demande d'énergie primaire augmente, mais que l'on s'attend à de grandes différences entre les régions. C'est surtout en Chine que l'on observe une très forte augmentation de la demande. Ventilé par source d'énergie, il ressort que l'augmentation de la demande de charbon en Chine est plus importante que l'augmentation de la demande de charbon dans le reste du monde.

⁷ AIE (2008). World Energy Outlook 2008

La forte augmentation de la part mondiale de charbon, illustrée à la figure 1-1, s'explique par les différences régionales dans la croissance économique.



SOURCE: IEA (2008). WORLD ENERGY OUTLOOK 2008

Selon l'AIE, la consommation de pétrole augmentera fortement en Chine, en Inde et au Moyen-Orient, mais on s'attend de nouveau à ce qu'elle diminue dans les pays de l'OCDE.

Cette différence est à attribuer au rythme relativement peu élevé de la croissance économique dans la plupart des pays de l'OCDE, à l'expansion limitée du parc automobile dans les pays les plus riches et à l'impact des investissements continus dans les améliorations de l'efficacité et des économies d'énergie. Selon l'AIE, la consommation de pétrole, tant en Europe qu'aux États-Unis, va diminuer entre 2007 et 2030 d'environ 1 million de barils par jour, tandis que la consommation en Chine va augmenter de 9 millions de barils par jour, tandis que la consommation en Inde va augmenter de 4 millions de barils par jour. On remarque que l'évolution de la demande en Europe de l'Est est pratiquement l'image en miroir de la demande de pétrole prévue dans les pays européens de l'OCDE.

La demande de pétrole diminuera dans les pays de l'OCDE entre 2007 et 2030.

D'ici à 2030, la demande en pétrole augmentera en Chine de 9 millions de barils par jour.

Le marché pétrolier est l'un des rares marchés vraiment mondiaux. Ce qui n'est pas consommé dans un pays reste disponible sur le marché pour les autres pays.

Les améliorations en efficacité et les mesures d'économie en Europe et aux États-Unis compensent partiellement l'augmentation de la croissance possible en Chine et en Inde. La diminution de la demande de pétrole dans les pays de l'OCDE diminue la pression sur les prix – le prix du pétrole serait plus élevé si la demande de pétrole augmentait aussi dans les pays de l'OCDE – de sorte que la Chine et l'Inde pourraient plus rapidement augmenter leur demande. En fin de compte, nous constatons ici surtout que des économies d'énergie dans un continent sont transformées en une demande croissante d'énergie dans un autre continent. De cette façon, les régions qui font des économies d'énergie stimulent l'expansion énergétique des pays émergents. Les marchés mondiaux sont parfois de merveilleux mécanismes de solidarité.

Nous ne pouvons bien sûr pas oublier que les prix élevés de l'énergie provoquent en Chine et en Inde également des investissements dans l'efficacité énergétique et dans des économies d'énergie d'ici à 2030. Mais vu la forte croissance économique de ces pays, ces économies d'énergie ne peuvent cependant pas conduire à une réduction de la consommation totale de l'énergie comme dans les régions comme l'Europe où la croissance est relativement peu élevée.

La figure 1-2 nous apprend aussi que la biomasse et les technologies modernes relatives à l'énergie renouvelable deviendront importantes surtout dans les pays de l'OCDE. Le développement de la biomasse et des technologies modernes par rapport à l'énergie renouvelable est plus important dans les pays de l'OCDE que dans le reste du monde. Ce n'est pas une grande surprise parce que ces nouvelles technologies dépendent d'un soutien massif de l'État. Les régions moins riches peuvent moins facilement se permettre ces subsides. En outre, c'est aussi aux pays riches de prendre l'initiative du développement de nouvelles technologies onéreuses. Cette trajectoire débute par des dépenses publiques pour la recherche et le développement de différentes technologies énergétiques, et se poursuit par des mesures incitatives en faveur de la production des nouvelles technologies à diffuser. La responsabilité historique des pays riches couvre beaucoup plus que la réduction des gaz à effet de serre.

Les économies d'énergie dans un continent sont transformées en une demande croissante en énergie dans un autre continent.

L'énergie renouvelable prend de l'importance surtout dans les régions qui peuvent se permettre les subventions les plus élevées.

Les pays riches doivent prendre l'initiative dans le développement de nouvelles technologies en matière d'énergie.

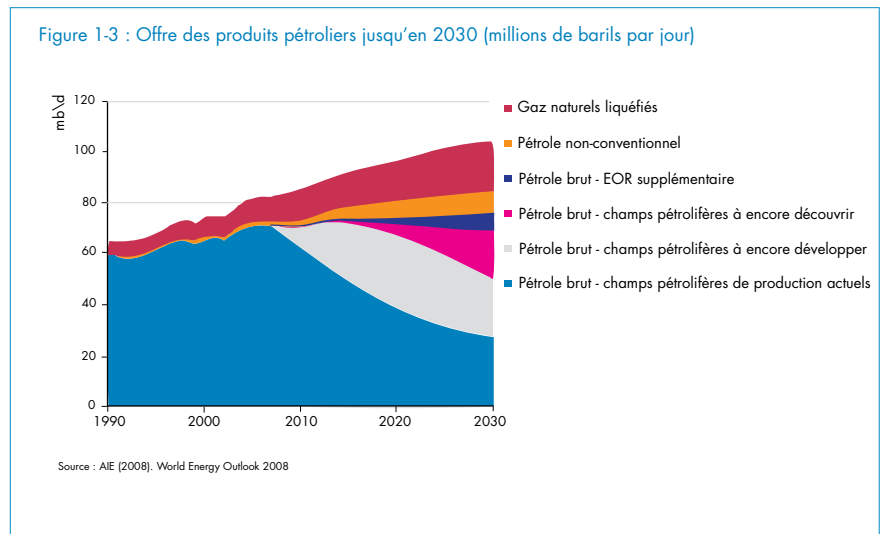
OÙ EST LA PÉNURIE DE PÉTROLE ?

La consommation mondiale d'énergie ne peut qu'augmenter fortement à moins d'avoir un programme d'investissement très ambitieux.

Est-ce que l'offre de combustibles fossiles, en particulier le pétrole, va encore être fortement augmentée ?

Les prévisions selon lesquelles la consommation mondiale en énergie va augmenter de 45% en moins de vingt-cinq ans ne semblent pas précisément indiquer une pénurie imminente de l'énergie fossile. Pour rendre possible cette expansion en une période relativement courte, il faut lancer un programme d'investissement très ambitieux. Si on fait traîner les investissements, des tensions inévitables naîtront sur divers compartiments de marché, et l'évolution des prix se déroulera assez brusquement et de manière assez imprévisible. Il est cependant difficile de modéliser ces situations, et, pour cette raison, les modèles technologiques partent habituellement d'une évolution des prix quasi linéaire. Une question intéressante est donc de savoir si, lors d'une augmentation linéaire du prix de l'énergie, l'offre des combustibles fossiles, en particulier du pétrole, peut effectivement être augmentée, comme présenté à la figure 1-1. Car, si ce n'est pas possible, il n'y aura jamais d'équilibre entre l'offre et la demande, et la figure 1-1 ne s'appliquera pas. Selon l'AIE, l'offre peut en effet être augmentée si les investissements nécessaires dans la capacité d'expansion sont réalisés. La figure 1-3 présente l'image idéale de l'offre de pétrole jusqu'en 2030.

Figure 1-3 : Offre des produits pétroliers jusqu'en 2030 (millions de barils par jour)



SOURCE : AIE (2008). WORLD ENERGY OUTLOOK 2008

La prochaine décennie est d'une importance cruciale pour la stabilité et le futur de notre système énergétique.

La combinaison de production d'anciens et de nouveaux champs pétrolifères assure une production totale de pétrole conventionnel égale entre 2009 et 2016..La mise en exploitation de nouveaux champs peut toujours apporter des surprises désagréables avec, pour conséquence, des déséquilibres du marché. La production de ces nouveaux gisements augmente de 2009 à 2020 puis commence à diminuer lentement. Encore avant 2020, de nouveaux champs devront être mis en exploitation pour compenser la diminution de la production des anciens champs et de ceux qui sont exploités à partir de 2009. Un détail marquant : ces gisements pétrolifères qui viennent en compensation doivent encore être découverts à l'heure qu'il est. Nous ne sommes donc pas encore certains de la découverte de ces gisements, ni du fait qu'ils pourront être exploités dans des conditions viables.

D'ici à 2030, nous devons réaliser une production de pétrole totale supplémentaire de 64 millions de barils par jour soit dix fois la production de l'Arabie saoudite.

La combinaison d'une demande croissante en pétrole jusqu'en 2030 et les réserves actuelles pour une quarantaine d'années suggère une situation très critique dans quelques décennies. La figure 1-3 montre que ce sont surtout les dix prochaines années qui seront cruciales. Sur base d'une analyse très détaillée des champs pétrolifères actuels, l'AIE conclut que la production de ceux qui sont exploités actuellement diminuera à partir de 2009. C'est visible sur la surface colorée en bleu clair dans la figure 1-3. Pour le moment, ces champs sont bons pour 68 millions de barils par jour, et cette production retombera à moins de 30 millions de barils par jour en 2030. Cette diminution doit être compensée par une production à partir de gisements connus qui ne sont pas encore exploités aujourd'hui. La production qui en sera retirée est indiquée en gris dans la figure 1-3. La combinaison de production d'anciens et de nouveaux champs pétrolifères assure une production totale de pétrole conventionnel égale entre 2009 et 2016..La mise en exploitation de nouveaux champs peut toujours apporter des surprises désagréables avec, pour conséquence, des déséquilibres du marché. La production de ces nouveaux gisements augmente de 2009 à 2020 puis commence à diminuer lentement. Encore avant 2020, de nouveaux champs devront être mis en exploitation pour compenser la diminution de la production des anciens champs et de ceux qui sont exploités à partir de 2009. Un détail marquant : ces gisements pétrolifères qui viennent en compensation doivent encore être découverts à l'heure qu'il est. Nous ne sommes donc pas encore certains de la découverte de ces gisements, ni du fait qu'ils pourront être exploités dans des conditions viables.

En soi, ceci n'est certainement pas une raison de paniquer – nous trouverons toujours encore de nouveaux champs pétrolifères ⁸ –, mais il est clair que la disparition de seulement quelques grands projets suffira à causer des tensions dans le système énergétique.

La figure 1-3 nous apprend également que, d'ici à 2030, en conséquence de la diminution de la production à partir des champs actuels, il faudra réaliser une production totale de pétrole supplémentaire d'environ 64 millions de barils par jour, soit dix fois la production de l'Arabie saoudite. Tout est possible, mais il s'agit pourtant d'un « défi ».

La récession actuelle et l'insécurité à propos de l'évolution de la demande d'énergie menace de ralentir beaucoup de projets énergétiques, voire de les annuler.

En raison de l'insécurité accrue qui règne sur ce marché, on risque de prendre de mauvaises décisions ou de reporter les prises de décisions.

⁸ Nous trouverons surtout de nouveaux champs pétrolifères relativement petits et peu de champs vraiment grands.

L'offre de pétrole dépendra d'un système de production plus varié dans lequel le pétrole conventionnel issu de champs plus petits sera complété par une production considérable à partir de champs non conventionnels et par une forte augmentation des gaz naturels liquéfiés (*natural gas liquids*).

En plus du pétrole conventionnel, il y a encore les sources de pétrole non conventionnel. Dans des pays comme le Canada et le Venezuela, il y a de grands stocks de sable bitumeux (*tar sands*), transformable en pétrole. Cependant, les processus de transformation consomment beaucoup d'énergie et présentent de nombreux désavantages. Selon les estimations les plus optimistes, les sources non conventionnelles pourraient fournir, pour 2030, environ 8% de la production de pétrole⁹. Dans la figure 1-3, cette production de pétrole non conventionnel est indiquée en orange. La figure 1-3 montre aussi la production supplémentaire de pétrole par des investissements dans l'amélioration de l'exploitation grâce à l'injection de CO₂ (en brun foncé) et la production de pétrole en liquéfiant du gaz. Ces produits liquides extraits du gaz naturel (*natural gas liquids* ou *gas-to-liquids*) représenteront en 2030 une production aussi importante que celle provenant des gisements connus mais qui sont encore à exploiter.

La principale conclusion tirée de la figure 1-3 est que la production de pétrole, en à peine quinze ans, a évolué d'un système centralisé relativement simple avec du pétrole conventionnel provenant des plus grands gisements pétrolifères, et du gaz naturel liquéfié en un système avec une production plus diversifiée de pétrole conventionnel dans des champs plus petits complétée par une production considérable provenant de gisements non conventionnels et une forte augmentation de gaz naturel liquéfiés.

GAZ, CHARBON ET URANIUM

Les gisements de gaz naturel connus ne nous donnent seulement que quelques décennies de sursis. De manière générale, on accepte que les gisements connus soient soixante à cent fois plus importants que la consommation annuelle actuelle. Si, à l'avenir, la consommation de gaz naturel augmente fortement, ce qui est inévitable si le pétrole devient très cher, la durée de vie des réserves connues de gaz naturel diminuera fortement. Pour le charbon et le lignite, les choses se passent différemment.

Une estimation conservatrice des gisements de charbon les estime à 165 fois la consommation annuelle actuelle, tandis que les réserves de lignite seraient suffisantes pour 360 ans¹⁰.

⁹ D'haeseleer, W. (2005). Energie vandaag en morgen. Beschouwingen over energievoorziening en -gebruik (Acco)

¹⁰ Ce chiffre a cependant une importance limitée car la consommation actuelle de lignite est négligeable (0,02% de la consommation de charbon).

Sont exposés à la problématique de la pénurie principalement notre consommation de pétrole ainsi que le secteur des transports qui y est associé.

L'arrivée de la voiture électrique et de la voiture hybride (plug-in) est une réponse appropriée à la pénurie de pétrole si la production d'électricité peut être augmentée.

En ce qui concerne l'uranium, les stocks disponibles sont exprimés par classe de prix de l'uranium. Les stocks de l'uranium le meilleur marché sont suffisants pour 25 à 50 fois la consommation annuelle, tandis que ceux de l'uranium le plus cher permettent de couvrir encore la consommation pendant 170 ans. Ces chiffres dépendent fortement de la technologie de conversion employée. Les centrales nucléaires actuelles sont relativement inefficaces dans leur emploi de l'uranium par rapport aux technologies les plus récentes ; les stocks connus offrent en principe un potentiel beaucoup plus important.

Ce rapide survol suggère que la problématique de la pénurie concerne surtout la consommation de pétrole et le secteur des transports. Mais les gisements de gaz ne sont pas non plus suffisamment importants pour exclure des tensions sur le marché. Pour le charbon et l'uranium, la pression à court terme est plutôt limitée. Mais c'est également relatif car toutes les sources d'énergie sont, à moyen terme, des substituts, ce qui fait que le problème de pénurie de pétrole peut entraîner une accélération de la pénurie de gaz, de charbon ou d'uranium. L'arrivée de la voiture électrique et de la voiture hybride (plug-in) est une réponse appropriée à la pénurie de pétrole à condition que la production d'électricité augmente fortement. De ce fait, la demande de gaz, de charbon et d'uranium peut fortement augmenter. Tout est lié. Le nombre de scénarios possibles se multiplie, de même que le nombre de risques.

PÉNURIE INCERTAINE, MAIS AUGMENTATION CERTAINE DES PRIX ?

Que faisons-nous sachant qu'il y a encore certainement du pétrole pour trente à quarante ans et que l'on peut vraisemblablement étendre l'offre de pétrole en améliorant les technologies d'exploitation, en exploitant des gisements non conventionnels et en utilisant des gaz naturels liquéfiés ? Dès que les plus grands champs pétrolifères auront dépassé leur pic, le prix du pétrole augmentera parce que ce n'est qu'au Moyen-Orient que le pétrole peut être produit à 5 dollars par baril. Lorsque, autour de l'année 1999, le prix du pétrole a oscillé un moment entre 9 et 10 dollars le baril, des pays comme les États-Unis ont élaboré des mécanismes de subsides pour soutenir les producteurs pétroliers nationaux. Après 2000, le prix du pétrole a toujours été supérieur à 15 dollars de sorte que la production en dehors du Moyen-Orient pouvait se faire de manière rentable. Et, avec les prix élevés de 2008, il est partout possible de transformer le charbon et le gaz de manière rentable en combustibles liquides. Par conséquent, des prix élevés de pétrole, après un certain ralentissement, font augmenter l'offre de pétrole tant conventionnel

Par conséquent, des prix élevés de pétrole, après un certain ralentissement, font augmenter l'offre de pétrole tant conventionnel que non conventionnel. Cependant, ici non plus, il n'y a aucune certitude.

Une évolution trop brutale des prix ne profite pas aux acteurs économiques.

L'inertie du système énergétique découle en partie du cycle de vie relativement long des biens d'investissement durables.

que non conventionnel. Cependant, ici non plus, il n'y a aucune certitude. En effet, les mêmes prix élevés peuvent fortement faire retomber la demande de telle sorte qu'en cas d'augmentation de l'offre, la commercialisation ne peut se faire à des prix élevés. Les investisseurs doivent en effet non seulement tenir compte de leurs possibilités d'action, mais aussi de la réaction de leurs consommateurs potentiels à toutes les informations du marché. Une évolution trop brutale des prix n'est pas à souhaiter pour les acteurs économiques. Dans le scénario idéal, le prix du pétrole augmente lentement et de manière progressive. Les instruments politiques qui soutiennent une telle évolution des prix ont donc la confiance des approches alternatives.

LA TRANSITION : L'AFFAIRE DE TOUS

À terme, une augmentation du prix influence la demande, mais l'expérience acquise entre 2000 et 2008 nous a enseigné que seules les fortes augmentations de prix ont un impact significatif sur la demande de produits pétroliers. Le prix du pétrole a augmenté entre 2000 et 2004. Ici et là, il y a eu des manifestations, entre autres à Bruxelles, mais la demande de produits pétroliers a continué à augmenter parce que les revenus s'élevaient pendant ces années, où l'on a connu une belle croissance économique et une diminution du chômage. Le prix de l'énergie est un facteur important. Cette situation assez inerte est aussi la conséquence du cycle de vie relativement long des biens d'investissement durables, tels que les générateurs, les camions et les voitures. Le tableau 1-2 donne un aperçu représentatif de la durée moyenne d'utilisation des biens d'équipement sur base de quelques études empiriques importantes.

TABLEAU 1-2 : DURÉE MOYENNE D'UTILISATION DES BIENS D'ÉQUIPEMENT CONSOMMANT DE L'ÉNERGIE

Appareils ménagers	8 à 12 ans
Voiture	10 à 20 ans
Équipement industriel, machines industrielles	10 à 70 ans
Avion	30 à 40 ans
Générateurs d'énergie électrique	50 à 70 ans
Bâtiments commerciaux et industriels	40 à 80 ans
Constructions résidentielles	60 à 100 ans

Les propriétaires de capitaux ne vont pas immédiatement liquider leurs actifs parce que le prix du baril de pétrole s'élève.

Les propriétaires des biens d'équipement ne vont pas immédiatement les liquider suite à l'augmentation du prix du baril de brut. Tout investissement de remplacement émanant du secteur privé, que ce soit des ménages ou des entreprises, contribue à la transition énergétique. Et lorsque de vieux biens d'équipement sont remplacés par de nouveaux qui permettent de faire des économies d'énergie, l'investisseur est récompensé par d'importantes économies d'énergie. Et la diminution des émissions de CO_2 : c'est toujours ça de gagné.

Les innovations technologiques peuvent modifier la durée d'utilisation moyenne des biens d'équipement. De fortes améliorations de l'efficacité énergétique peuvent accélérer les décisions de changement. Pour celui qui a une voiture de huit ans consommant en moyenne 7 litres aux cent kilomètres, la différence n'est pas la même si les nouveaux modèles disponibles consomment 4,8 ou 6,8 litres. Pourquoi effectuer un investissement important si l'économie d'énergie reste limitée ? La planification d'un investissement de remplacement dépend aussi des attentes, tant des consommateurs que des entreprises. Imaginons que la voiture consommant 7 litres aux cent kilomètres peut être remplacée aujourd'hui par un nouveau modèle qui ne consomme que 5,2 litres, mais que l'on s'attend à ce que les modèles des années qui viennent ne consomment que 4 litres aux cent kilomètres.

Pour des catégories importantes de bien d'équipement, tels que les moteurs d'avion, les économies de combustibles possibles sont moins prévisibles. Alors, si on s'attend de manière générale à ce que des moteurs consommant vraiment moins d'énergie ne soient disponibles qu'en 2020, ce peut être un argument pour ne pas remplacer les vieux avions en 2015 mais pour continuer à les utiliser encore cinq ans de plus. C'est précisément cette attente qui peut ralentir le remplacement.

L'existence d'alternatives plus efficaces n'est en soi pas une garantie pour une vague d'investissements massifs.

Par conséquent, la diffusion des technologies permettant d'économiser de l'énergie est souvent surestimée. L'existence d'alternatives plus efficaces n'est en soi pas une garantie pour une vague d'investissements massifs. De nouveau, la voiture hybride est un bon exemple. En dix ans, il en a été vendu un million. Comme on vend environ 70 millions de voitures chaque année, l'impact écologique des véhicules hybrides est très limité à court terme. À moyen et à long terme, l'impact peut évidemment être considérable.

PROPOSITION

La prévision de l'augmentation des prix de l'énergie d'ici à 2030 peut accélérer les investissements dans l'efficacité énergétique. Le prix du pétrole peut cependant connaître d'étranges fluctuations, et, de ce fait, une partie de ces investissements sont provisoirement reportés. Les gouvernements peuvent réagir à cette situation en optant pour des instruments de prix tels que des taxes (variables) sur le CO₂, le prix final pour l'utilisateur étant alors relativement prévisible et stable. Ainsi, l'insécurité des investissements est moindre.



04

AVEC OU SANS PICS
PÉTROLIERS



Les problèmes de pénurie peuvent être compensés par une combinaison de stratégies portant sur l'offre et la demande. Ces stratégies sont coûteuses et risquent d'être mal accueillies (syndromes NIMBY et BANANA). Le succès de ces stratégies dépend de la capacité à coordonner la transition énergétique dans son ensemble.

L'offre de pétrole relativement stable depuis 2004 peut indiquer un pic pétrolier ou l'atteinte du maximum dans la production de pétrole.

Selon Hirsch, le pic pétrolier peut être rattrapé par la production de combustibles alternatifs à condition qu'un effort soit consenti pendant dix ans au moins pour des investissements massifs et encore jamais vus.

Les dernières réserves de pétrole énormes, dites *Super Giants*, avaient été trouvées en 1967 et 1968. Ensuite, on n'a plus trouvé que de petits champs pétrolifères.

Pour le moment, environ 85 millions de barils de pétrole sont pompés et commercialisés chaque jour. Ces chiffres de production ont à peine augmenté depuis 2004, malgré l'augmentation continue du prix du baril de pétrole. Ceci a beaucoup à voir avec la nature du secteur, plusieurs années séparant la planification des investissements d'expansion et l'augmentation de la production. Il existe même des cas connus où des compagnies pétrolières n'ont toujours pas pompé une seule goutte de pétrole après dix ans d'investissements dans de nouveaux gisements.

L'offre de pétrole relativement stable depuis 2004 peut indiquer un pic pétrolier, c'est-à-dire l'atteinte du maximum dans la production de pétrole. Il existe un grand désaccord concernant le moment du pic pétrolier, de même que sa durée. La production maximale de pétrole peut par exemple ne durer qu'un mois ou bien se maintenir plusieurs années ou plusieurs dizaines d'années. Selon l'ASPO¹¹, 2006 était l'année du pic pétrolier. Les auteurs qui parlent du pic pétrolier et qui cherchent un compromis situent ce pic entre 2016 et 2020. Dans la figure 1-3, l'AIE part du principe qu'entre 2020 et 2030, de nouveaux champs pétrolifères seront découverts en suffisance pour plus ou moins stabiliser la production totale de pétrole conventionnel d'ici à 2030.

Comme la transition énergétique doit se préparer à divers risques dans le domaine de l'énergie, nous devons nous demander dans quelle mesure une forme de pic pétrolier pourrait déstabiliser l'ensemble du système énergétique.

Les implications du pic pétrolier sont développées en détail dans un rapport de Robert Hirsch¹². Hirsch a écrit ce rapport à la demande du gouvernement américain, et son analyse est donc surtout basée sur le contexte américain. Sa principale conclusion est que le pic pétrolier peut être rattrapé par la production de combustibles alternatifs à condition qu'un effort soit consenti pendant dix ans au moins par des investissements massifs et encore jamais vus. Sans un tel programme d'urgence, le pic pétrolier aura des conséquences économiques catastrophiques. Ces conséquences sont cependant limitées à l'accélération classique de l'inflation en conséquence de la forte augmentation des prix du pétrole.

Hirsch se fonde sur plusieurs observations très pertinentes de l'offre de pétrole. Les dernières grandes découvertes de réserves de pétrole, dites *Super Giants*, remontent à 1967 et 1968. Depuis, des découvertes de champs pétrolifères continuent bien sûr à être faites, mais elles portent toujours sur des volumes beaucoup plus faibles. Hirsch

¹¹ Association for the Study of Peak Oil, www.aspo.org

¹² Robert L.Hirsch, Roger Bezdek et Robert Wendling (2005). *Peaking of World Oil Production : Impacts, Mitigation & Risk Management*

L'augmentation du prix du pétrole n'a pas eu d'impact sur sa disponibilité matérielle.

souligne que les géologues ne pensent pas qu'il y ait encore de grands gisements de pétrole attendant d'être découverts. Tous les géologues ne sont vraisemblablement pas d'accord avec cette affirmation. Une augmentation du prix du pétrole peut entraîner des efforts d'exploration, mais n'a bien sûr pas d'impact sur la disponibilité physique du pétrole. Il semble également que les découvertes de pétrole par exploration aient diminué à partir de 1995. Mais on continue à beaucoup chercher. En effet, l'augmentation des prix du pétrole depuis 1999 stimule la recherche de pétrole. Toutefois, le nombre de découvertes par rapport aux efforts de recherche est plus faible. Depuis 1985, on consomme annuellement plus de pétrole qu'on n'en découvre, de sorte que les gisements connus diminuent.

DÉPLACEMENTS INUTILES

La possibilité d'éviter certains déplacements ne signifie pas que ceux-ci seront effectivement évités.

Avec la menace d'un pic pétrolier, la question est de savoir si les pays industrialisés pourront faire face au défi de la diminution de l'offre d'énergie. La bonne nouvelle est qu'on peut sans problème faire face à une diminution de la production de pétrole pourvu qu'on mette en place une combinaison de stratégies. Ainsi, les consommateurs peuvent ajuster fortement leur comportement en matière de déplacements. Il ressort d'une étude à grande échelle portant sur la mobilité aux États-Unis que 67% des déplacements en voiture et 50% des trajets en avion se font pour des motifs discrétionnaires¹³. Ces déplacements ne sont donc pas essentiels et peuvent être évités relativement facilement. Ces chiffres doivent cependant être interprétés avec la prudence nécessaire. La possibilité d'éviter certains déplacements ne signifie pas que ceux-ci seront effectivement évités. Personne n'est obligé de partir en vacances ou de rendre visite à la famille, mais tout le monde y accorde une certaine valeur. Le bannissement de ces déplacements pour motif discrétionnaire conduirait à une perte importante sur le plan du bien-être. Exclure deux tiers de nos déplacements est une solution trop simpliste pour les problèmes énergétiques. En été 2008, avec la douloureuse augmentation des prix des combustibles, le nombre de kilomètres parcourus aux États-Unis a diminué non pas de 67% mais de 15%. Ceci indique néanmoins qu'il existe une hiérarchie parmi les déplacements pour motif discrétionnaire. Un changement radical de comportement aurait d'ailleurs de graves conséquences pour les secteurs du tourisme et des loisirs, avec aussi comme conséquence une perte importante sur le plan du bien-être.

¹³ Ministère américain des transports, Bureau des études portant sur les transports, *American Travel Survey Profile* et Laboratoire national d'Oak Ridge, *Transportation Energy Data Book 2003*.

Il faut beaucoup de courage politique pour le remplacement accéléré de la flotte actuelle des voitures et des camions.

L'injection de CO₂ augmente le rendement du champ pétrolifère de 7 à 15%.

Dans tous les pays riches, il est devenu très difficile de construire encore de grandes installations en rapport avec l'énergie.

La percée des voitures et des camions hybrides peut, à long terme, produire une diminution importante de la demande d'essence et/ou de gazole. Ces alternatives du côté de la demande ont également un coût élevé car les véhicules sont utilisés actuellement en moyenne entre dix et vingt ans (voir tableau 1-2). Même aux États-Unis, de nombreuses camionnettes roulent pendant quarante ou soixante ans. Par conséquent, le remplacement accéléré de la flotte actuelle des voitures et des camions demande beaucoup de courage politique, par exemple via des taxes sur l'inefficacité ou des mécanismes de subsides généreux, tels que les avantages fiscaux pour les investissements efficaces. Si l'on ne prend pas de mesures de soutien, il faudra horriblement longtemps avant que la plupart des types de véhicules efficaces dominent le marché et assurent une diminution de la demande de pétrole.

Du côté de l'offre également, il y a des options technologiques importantes. Une amélioration de la technologie d'exploitation du pétrole (voir figure IV) permet d'en obtenir plus d'un même gisement. L'injection de CO₂ semble pour le moment présenter le plus d'intérêt, avec notamment une amélioration des rendements de 7 à 15%. Cette technologie a bien sûr un prix, et c'est la raison pour laquelle elle n'est pas utilisée lorsque les prix pétroliers sont bas. Maintenant, les choses se présentent autrement, ce qui fait qu'une amélioration de la technologie d'exploitation est présentée à juste titre comme une part limitée de la réponse au problème du pic pétrolier.

BANANA

D'autres options sont la liquéfaction de gaz (liquides extraits du gaz naturel ou *gas-to-liquids*) et la fabrication de combustibles liquides comme résultat de la gazéification du charbon par le procédé Fischer-Tropsch. Avec les grands gisements américains de charbon, cette dernière option paraît très intéressante pour l'ère post-pétrolière. Hirsch souligne cependant que ces possibilités technologiques, en soi, sont loin d'être suffisantes. Aux États-Unis, comme dans tous les pays riches, il est devenu très difficile de construire encore de grandes installations en rapport avec l'énergie. Ceci vaut pour les raffineries, les terminaux gaziers, les usines de gazéification à grande échelle, les lignes à haute tension, les entreprises pétrochimiques, mais aussi les aéroports, les stades sportifs, les usines d'épuration des eaux, les incinérateurs, les antennes GSM, les éoliennes, etc. Finalement, les autorités et les investisseurs privés doivent livrer des combats longs et coûteux contre toute une série d'acteurs. Hirsch dit que le problème est passé des classiques NIMBY (*not-in-my-backyard*, qui signifie « pas dans mon jardin »)

Après NIMBY (acronyme de l'anglais *not in my back yard*, qui signifie « pas dans mon arrière-cour »), voici BANANA : *build absolutely nothing anywhere near anything*, qui signifie « ne rien construire nulle part près de quoi que ce soit ».

Un programme encore jamais vu d'investissements à l'échelle planétaire ne donne des résultats qu'après dix ans.

Qui doit prendre la décision finale d'investir plus ou non dans la construction d'une capacité de remplacement et dans des économies massives d'énergie ?

Celui qui doute de la capacité du marché à s'organiser au mieux préfère des objectifs imposés par les responsables politiques.

aux BANANA (*build-absolutely-nothing-anywhere-near-anything*, qui signifie « ne rien construire nulle part près de quoi que ce soit »).

Déjà maintenant, cette réalité sociale met un frein à la dynamique économique. Elle va aussi fortement ralentir la transition énergétique. La gazéification du charbon a beau être intéressante, la probabilité qu'aux États-Unis une cinquantaine de ces installations puissent être construites à relativement court terme est à peu près nulle. Dans ce scénario, les investisseurs américains doivent construire ces usines hors des frontières du pays pour ensuite exporter les combustibles liquides vers les États-Unis. Cette approche ne présente pas d'intérêt pour réduire la dépendance vis-à-vis de l'énergie étrangère.

LE PROGRAMME D'URGENCE DE HIRSCH

Selon Hirsch, des investissements massifs dans toutes les options susmentionnées pour le remplacement du pétrole conventionnel peuvent entraîner une réduction de la production et/ou de la demande, réduction équivalente à la production conventionnelle d'environ 25 millions de barils par jour, soit 25% de la demande mondiale modélisée en 2020. C'est plus ou moins comparable aux prévisions de l'offre des produits pétroliers publiées par l'AIE. Hirsch souligne que le programme nécessaire et encore inégalé d'investissements à l'échelle planétaire ne donnera des résultats qu'après dix ans. Dans les cinq premières années après le début de ce programme, la réduction se monte à 2 millions de barils.

Hirsch ne dit pas qui doit prendre la décision finale d'investir plus ou non dans le renforcement de la capacité de remplacement selon le scénario tablant sur un crash. Allons-nous charger des intervenants du marché de décider sur la base des informations de marché, telles que l'évolution des prix et les prévisions concernant les prix ? Ou bien les autorités, indépendamment de toute considération relative au marché, doivent-elles imposer un certain objectif quantitatif à tous les intervenants du marché ? Les économistes de marché plaideront pour la première option et donc ne miseront pas sur la construction d'une capacité de réserve avant que les conséquences du pic pétrolier se fassent tellement sentir que cette décision soit de toute manière provoquée par le marché. Celui qui doute de la capacité du marché à s'organiser au mieux préfère des objectifs imposés par les responsables politiques. Ceci revient à construire une capacité de réserve comme des combustibles synthétiques avant que le prix du pétrole n'ait augmenté fortement.

Le problème de connaissance fondamental face à un avenir inconnu fait qu'il est impossible de définir au préalable la voie la moins chère et la plus efficace.

Si la transition est laissée au marché libre, nous serons certainement confrontés aux conséquences de sous-investissements dans les efforts de recherche et développement en matière d'énergie.

Comme souvent, l'approche de marché présente des avantages et des inconvénients. Le grand avantage de l'approche de marché est qu'elle laisse en concurrence les différentes options technologiques et, pour remplacer le pétrole conventionnel, c'est finalement la technologie la plus efficace en termes de coûts qui sera choisie. Si, par après, il s'avère qu'il est beaucoup plus économique de diminuer la demande de combustibles par l'augmentation de l'efficacité énergétique des véhicules au lieu de produire des combustibles synthétiques, le marché ne suivra que de manière limitée ou pas du tout la production de combustibles synthétiques. La stratégie proposée par Hirsch a un grand mérite, mais le problème de connaissance fondamental face à un avenir incertain fait qu'il est impossible de définir au préalable la voie la moins chère et la plus efficace. Naturellement, l'efficacité en termes de coûts n'est pas le seul critère dans cette histoire. La combinaison d'installations énergétiques de grande taille, très contestées et qui, après coup, mènent à une solution relativement onéreuse pour les conséquences du pic pétrolier, ne va pas trouver écho auprès des hommes politiques. Le désavantage de cette approche de marché est que nous restons dépendants du statut technologique pour toute option au moment où des décisions doivent être prises. Si personne ne commence à investir dans des installations de gazéification ou dans l'augmentation de l'efficacité des véhicules, le développement technologique menace de ne plus faire de progrès, avec pour risque qu'il n'y ait pas de technologie fiable disponible lorsque ce sera « le moment de vérité ». Cette considération vaut pour pratiquement toutes les innovations en matière d'énergie, que ces innovations soient radicales ou qu'elles le soient moins. Si la transition est laissée aux forces du marché, nous serons certainement confrontés aux conséquences de sous-investissements dans les efforts de recherche et développement en matière d'énergie. Dans cette histoire, nous prouverons plus tard que, même pendant les années où les prix pétroliers sont élevés, on investit terriblement peu dans des technologies nouvelles et meilleures en matière d'énergie. Pour anticiper le problème classique d'un sous-investissement dans les biens publics, il faut surtout que les autorités prennent l'initiative de programmes de recherche ambitieux dans les technologies relatives à l'énergie. Même si, après coup, il n'y a pas de pic pétrolier problématique, il s'agit d'investissements rentables en raison de leurs avantages écologiques et de l'économie qu'ils permettent sur le plan des frais d'énergie. En outre, toutes les technologies nouvelles ont des retombées dans d'autres secteurs.

LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE, UN EFFORT COLLECTIF

La réponse stratégique à la pénurie des énergies fossiles commence avec la prise de conscience que les grandes solutions consistent principalement en efforts collectifs.

Les travaux de l'AIE et ceux de Hirsch proposent des idées intéressantes. Les solutions présentées, à savoir une offre supplémentaire ou une offre alternative, pour être réalisées, supposent bien sûr que de nombreuses conditions soient remplies. Mais quelles sont les implications stratégiques concrètes ? Le pic pétrolier est-il un mythe alimenté par des lobbies et des défaitistes, ou bien devons-nous demain nous occuper vraiment d'un programme à la Hirsch, tablant sur un crash ? Toute réponse stratégique commence avec la prise de conscience que les grandes solutions aux défis énergétiques consistent principalement en efforts collectifs. Une coordination internationale est en effet nécessaire tant pour l'ambition d'étendre l'offre mondiale de pétrole que pour compléter cette offre qui s'amenuise par un programme ambitieux face au crash. Si seuls quelques acteurs économiques investissent dans un supplément de capacité fossile, on risque un déficit de l'offre. Si un seul pays limite fortement la demande d'énergie fossile, cela ne fait aucune différence au niveau mondial. Le programme de ce pays face au crash n'apportera une plus-value que si d'autres pays investissent aussi dans les options d'offres alternatives.

La coordination nécessaire peut s'effectuer par le mécanisme du marché, par une intervention des autorités publiques ou en adaptant le mécanisme du marché. Cette dernière option est indiquée si les incertitudes, démesurées, empêchent le fonctionnement normal des marchés avec des projets d'investissements généralisés. Pour être réussie, la transition énergétique doit déterminer qui fait quoi et qui finance les activités d'autres acteurs. Jusqu'à présent, on compte peu de coordinations internationales réussies.

Un pays seul n'a pas de contrôle sur ce que les autres veulent faire, ou ont la capacité d'entreprendre. Le retrait de quelques acteurs importants provoquerait une menace tant pour l'image de l'avenir de l'AIE que pour la solution de Hirsch. Hésiter à débiter la transition peut entraîner une augmentation des prix pendant une période relativement longue, ce qui risque d'inciter certains acteurs à ne pas se précipiter. Mais ce type de spéculations ne nous avance pas beaucoup. L'option la plus logique pour les différents pays est donc d'investir à l'échelon local de manière à réduire les risques au minimum. Au cœur de cette stratégie : une diminution ambitieuse de la demande nationale d'énergie. D'ailleurs, si quelques grands pays veulent sérieusement concrétiser cette ambition, il y aura moins de risques de connaître à l'avenir de graves perturbations de l'équilibre des marchés pétroliers. Il est essentiel d'investir dans les économies d'énergie, mais c'est probablement insuffisant. On complètera avec des technologies durables et pauvres en carbone. La transition énergétique globale débute toujours très localement pour ensuite pouvoir être diffusée.

La politique de transition commence toujours avec l'investissement dans la réduction des risques au minimum, localement.

PROPOSITION

Dans chaque pays, le potentiel de la transition est mieux évalué si une analyse approfondie porte sur les possibilités d'économies du côté de la demande plutôt que sur les syndromes NIMBY et BANANA du côté de l'offre.



05

LE PAYSAGE
ÉNERGÉTIQUE ACTUEL



L'énergie fossile va dominer le paysage énergétique encore longtemps. Investir dans une technologie hyperefficace utilisant les énergies fossiles peut certainement réduire fortement l'impact écologique des technologies utilisant des énergies fossiles.

Depuis 2000, la consommation d'énergie primaire diminue en Belgique, et il est très probable qu'elle va continuer à diminuer.

En Belgique, l'énergie nucléaire, avec 36% de la puissance installée, représente 55% de la production totale d'électricité. L'ambition de fermer les centrales nucléaires à partir de 2015 réclame l'installation d'une capacité de remplacement comparable. Si on ferme quand même les centrales nucléaires, il est alors tout à fait indiqué de disposer d'un mix de centrales au charbon et de centrales à gaz, ainsi que d'une capacité éolienne. Mais on est fort juste pour arriver à ce que cette capacité de remplacement soit opérationnelle dès 2015.

L'énergie fossile est toujours le nerf de l'économie mondiale, et cette situation va encore durer plusieurs dizaines d'années. De quoi se composent les systèmes utilisant l'énergie fossile, et pouvons-nous simplement affirmer qu'ils sont dominants ?

Le tableau 1-3 montre l'évolution des parts de marché des différentes sources d'énergie au plan mondial pour les années 2004 et 2005. Il s'agit ici toujours d'une part dans le système énergétique commercial où les produits énergétiques sont négociés. En outre, une importante consommation d'énergie existe aussi en dehors du système commercial, par exemple la consommation de bois de chauffage et d'autres types de biomasse comme combustible. Celui qui collecte de la biomasse pour son utilisation personnelle ne fait pas appel au système commercial de l'énergie. Concernant la consommation totale de biomasse, on ne dispose que d'estimations grossières, mais il est certain que dans les pays en développement, la biomasse est une composante très importante du système énergétique.

TABLEAU 1-3 : PARTS DE MARCHÉ DE L'ENSEMBLE DES SOURCES D'ÉNERGIE (EN MILLIONS DE TONNES ÉQUIVALENT PÉTROLE (MTEP))

	2004		2005	
	Mtep	%	Mtep	%
Pétrole brut	3 798,6	36,9	3 836,8	36,4
Gaz naturel	2 425,2	23,6	2 474,7	23,5
Charbon	2 798,9	27,2	2 929,8	27,8
Énergie nucléaire	625,1	6,1	627,2	6,0
Énergie hydraulique	643,2	6,2	668,7	6,3
Total	10 291,0	100	10 537,1	100

SOURCE : SPF ÉCONOMIE (2007). LE MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN 2005, P. 10

L'énergie fossile (énergie provenant du pétrole brut, du gaz naturel et du charbon) représente 87% de la production totale d'énergie.

L'énergie fossile (énergie provenant du pétrole, du gaz naturel et du charbon) représente 87% de la production totale d'énergie. La part fossile est assez stable, de sorte que nous pouvons à juste titre affirmer que les composants fossiles dominent effectivement le système énergétique mondial. Le pétrole reste globalement la source d'énergie la plus importante, suivie par le charbon et le gaz. Le nucléaire et les centrales hydro-électriques représentaient respectivement 6% et 6,3% de la production d'énergie en 2005. La seule énergie renouvelable suffisamment importante pour être mentionnée dans le tableau ci-dessus est l'électricité produite par les centrales hydro-électriques. En 2005, la part relative des sources d'énergie renouvelable « modernes », telles que l'énergie éolienne ou l'énergie solaire, restait pour le moment extrêmement faible

En 2005, la part relative des sources d'énergie renouvelable « modernes », telles que l'énergie éolienne ou l'énergie solaire, restait limitée à 0,55% à peine.

L'inefficacité du vieux système d'utilisation des énergies est le meilleur levier de la réussite de la transition énergétique.

L'expansion récente du système énergétique est à attribuer presque intégralement aux composants fossiles.

La Chine représente 15% de la demande mondiale en sources d'énergie. La part de l'UE-25 représente 16% de la demande mondiale, et celle des États-Unis, 23%.

La consommation énergétique primaire totale dans notre pays a diminué de 5,4% entre 2000 et 2005.

(0,55%) par rapport à l'ensemble de la production énergétique, mais, bien sûr, des changements peuvent survenir.

Pour le moment, on peut donc tirer la conclusion suivante : le système énergétique se fonde presque exclusivement sur de « vieilles » technologies. Au cours des dix dernières années, on a à peine investi dans les vieilles technologies, de sorte que le système énergétique présente aujourd'hui un énorme potentiel d'efficacité et d'amélioration. Pour vraiment débiter un système énergétique plus vert, il faut commencer par reconnaître cet immense potentiel d'amélioration. L'inefficacité actuelle du vieux système énergétique est donc le meilleur levier de la réussite de la transition énergétique.

Sur le plan mondial, la demande de charbon a augmenté de 4,7% en 2005, et la part relative du charbon a donc augmenté à 27,8% en 2005. Étant donné l'importance croissante du charbon, la part relative du pétrole et celle du gaz naturel a un peu diminué. La part de l'énergie nucléaire a également diminué, tandis que la part de l'énergie hydro-électrique a faiblement augmenté entre 2004 et 2005.

Le tableau 1-3 nous apprend également que le système énergétique global continue de croître. Cette croissance est à attribuer presque intégralement aux composants fossiles du système énergétique. Étant donné l'expansion fossile continue, il est difficile de réaliser une diminution des émissions de gaz à effet de serre par une augmentation des investissements dans les technologies modernes relatives à l'énergie renouvelable. Rien qu'en Chine, la demande de charbon a augmenté de pas moins de 10,6% en 2005. De ce fait, les efforts européens de limitation des émissions de CO₂ sont pour ainsi dire totalement neutralisés. Pour le moment, la Chine représente 15% de la demande mondiale d'énergie. La part de l'UE-25 dans la demande mondiale d'énergie primaire est d'environ 16% tandis que celle des États-Unis est d'environ 23%. En 1980, la part de la Chine était de 6,2%, tandis que celle des États-Unis était de 27%. D'après ces évolutions, il est clair que le succès de la transition énergétique dépendra des évolutions en Chine et en Inde. La transition énergétique doit débiter localement mais probablement finir en Asie.

LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE EN BELGIQUE

La Belgique, comme tout pays, présente un profil énergétique. Le tableau 1-4 montre la part de marché des sources d'énergie en Belgique à trois moments. Il convient aussi de remarquer que la consommation totale d'énergie primaire dans notre pays a diminué de 5,4% entre 2000 et 2005.

TABLEAU 1-4 : PART DE MARCHÉ DES SOURCES D'ÉNERGIE EN BELGIQUE (EN %)

	2000	2004	2005
Charbon	14,1	11,1	9,7
Pétrole brut	39,8	38,9	39,5
Gaz naturel	22,5	25,3	25,2
Energie nucléaire	21,1	21,4	22,1
Energie renouvelable et énergie des déchets	1,6	2,1	2,5
Autres	0,6	1,2	1,0

SOURCE : SPF ÉCONOMIE (2007). LE MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN 2005, p. 16

Une poursuite de la diminution de la demande nationale de pétrole est tout à fait possible.

En 2005, la consommation totale d'énergie primaire était de 56 205 ktep (56 205 000 tonnes équivalent pétrole)¹⁴. Dans la même période, la demande de charbon a diminué de 6,2%, tandis que la demande de gaz naturel augmentait de 5,5%. La prolongation de ces évolutions suggère qu'une poursuite de la diminution de la demande belge de pétrole est très possible.

Pour comparer, constatons qu'entre 1980 et 2000, la demande d'énergie primaire a augmenté d'environ 28%, mais que la demande totale de pétrole a quand même augmenté de 2,9%. On retrouve une évolution comparable dans la plupart des pays européens. Ce chiffre est assez surprenant parce que, sur cette même période, les flots de voiture ont fortement augmenté. La diminution a donc beaucoup à voir avec la diminution de la demande de pétrole dans l'industrie. Ainsi, entre 1979 et 2005, la demande de pétrole a diminué de 61% dans l'industrie, tandis que, sur la même période, la consommation dans le secteur des transports a augmenté de 65%. Ces deux évolutions sont assez essentielles, et elles se compensent en partie.

La Belgique est un pays de diesel, et la vente de diesel est environ trois fois plus importante que celle d'essence.

Les produits pétroliers restent surtout importants pour le secteur des transports. La Belgique est un pays de diesel, et les ventes de gazole sont environ trois fois plus importantes que les ventes d'essence. En volumes, les ventes de gazole sont 10% plus importantes que la vente de charbon pour le chauffage. Les ventes de naphte et de fiouls lourds sont, en volumes, comparables aux ventes d'essence.

Environ 40% du gaz naturel importé est consommé par les ménages et les entreprises de services. L'industrie et les compagnies d'électricité représentent chacune 30% de la consommation totale de gaz.

¹⁴ Les sources d'énergie sont comparées sur la base de leur valeur énergétique, une tonne d'équivalent pétrole (tep) est égale à 1010 calories.

La part de l'énergie renouvelable est passée de 1,6% en 2000 à 2,5% en 2005.

Si nous ne sommes pas totalement dépendants de l'étranger en ce qui concerne l'énergie, c'est uniquement grâce à l'incinération de nos propres déchets et grâce à l'épanouissement du secteur des énergies renouvelables.

Une économie ouverte ne peut se mettre à l'abri de grands chocs sur les prix que si tous les partenaires commerciaux restent également protégés des effets des chocs dus à une nouvelle crise pétrolière.

En Belgique également, le charbon est encore toujours relativement important, ce qu'il faut attribuer à la consommation industrielle de charbon dans les cokeries, la production d'électricité et l'industrie de l'acier. En 2005, les ménages belges ont consommé 214 000 tonnes de charbon, soit 2% de la consommation totale. La même année, 3 millions de tonnes de charbon ont été consommées pour la production d'électricité. La consommation de charbon a diminué en Belgique à la suite de la diminution de la production de la fonte.

La Belgique investit aussi de plus en plus dans l'énergie renouvelable. La part de l'énergie renouvelable est passée de 1,6% en 2000 à 2,5% en 2005. C'est moins spectaculaire que dans certains autres pays européens, mais, sur le long terme, ce qui compte surtout, c'est l'expansion des projets d'énergie renouvelable qui soient efficaces en termes de coûts.

La Belgique doit importer tant les combustibles fossiles que l'uranium. Si nous ne sommes pas totalement dépendants de l'étranger en ce qui concerne l'énergie, c'est uniquement grâce à l'incinération de nos propres déchets et grâce à l'épanouissement du secteur des énergies renouvelables.

On ne sait pas encore si cette dépendance vis-à-vis de l'étranger représente un problème fondamental. Même si nous importons la totalité de nos semi-conducteurs et de nos ordinateurs et que personne n'y voit le moindre problème. De même que pour de nombreux produits pharmaceutiques importants. Mais celui qui plaide pour une réduction de notre dépendance énergétique défend le plus souvent sa propre contribution industrielle dans la diminution de cette dépendance. Reste alors encore la question de savoir si une dépendance externe de 70% au lieu de 100% nous protège réellement de chocs sur les prix. Une économie ouverte ne peut se mettre à l'abri de grands chocs sur les prix que si tous les partenaires commerciaux restent également protégés des effets des chocs dus à une nouvelle crise pétrolière. La sécurité énergétique semble donc surtout un argument astucieux employé par les lobbyistes.

La détermination du pourcentage exact de la dépendance énergétique est sujette à de nombreuses interprétations. Les déchets peuvent aussi être importés, de même que la biomasse co-incinérée dans les centrales de charbon. Pour réduire notre dépendance énergétique, nous avons trois options théoriques : la réouverture des mines de charbon, les investissements massifs dans les technologies liées aux énergies renouvelables et la limitation draconienne de la demande d'énergie. Cette dernière option ne fait que diminuer les flux énergétiques matériels et pas tellement la part des sources d'énergie importée dans la consommation totale des sources d'énergie.

Une croissance sensible de la production d'énergie renouvelable peut réellement diminuer notre dépendance vis-à-vis de l'extérieur, certes, mais à condition que les importations de combustibles fossiles et d'uranium n'augmentent pas.

Une forte diminution de la demande d'énergie et une augmentation importante de la production d'énergie renouvelable peuvent certes fortement limiter notre dépendance vis-à-vis de l'extérieur. Néanmoins, ceci aussi est relatif car l'importation massive d'éoliennes, de panneaux solaires, de voitures électriques et d'appareils électroniques grand public ultraéconomiques crée une autre forme de dépendance.

Une économie n'est jamais stable, et, depuis 1979, il y a des glissements marquants dans la composition sectorielle de la consommation finale totale d'énergie. Le tableau 1-5 nous montre qu'en 2005, le secteur résidentiel et le secteur des services représentaient environ 37% de la demande totale d'énergie primaire en Belgique. En 1979, cette part était un peu plus élevée, à savoir 38,8%. Dans ce secteur, la consommation d'énergie a augmenté surtout entre 2000 et 2005.

En 2005, le secteur résidentiel et le secteur des services représentaient environ 37% de la demande totale en énergie primaire en Belgique.

TABLEAU 1-5 : PROGRESSION ET PART DES SECTEURS DANS LA CONSOMMATION FINALE TOTALE D'ÉNERGIE (EN %)

	Part 1979	Part 2005	Progression 1979-2005	Progression annuelle moyenne 1979-2005	Progression annuelle moyenne 2000-2005
Industries de l'acier	16,4	8,3	-44,7	-2,3	-7,4
Autres industries	20,9	20,3	8,5	0,3	-1,8
Transport	15,8	23,9	65,9	2,0	0,5
Résidentiel et services	38,8	36,7	3,9	0,1	1,0
Applications non-énergétiques	8,0	10,8	49,0	1,5	-4,7
Total	100	100	9,9	0,4	-1,2

SOURCE : SPF ÉCONOMIE (2007). LE MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN 2005, P. 20

Dans le secteur de l'acier, la consommation finale d'énergie a diminué de près de 45% entre 1979 et 2005. Dans les autres secteurs industriels, elle a augmenté de 8,5% au cours de la même période. Cependant, l'importance relative des autres secteurs industriels a diminué dans la consommation totale d'énergie en raison de l'augmentation spectaculaire de la consommation d'énergie dans le secteur des transports. L'augmentation de 65,9% entre 1979 et 2005 a donné pour résultat que la part relative du secteur des transports

a augmenté entre 1979 et 2005 pour passer de 15,8% à 23,9%. Le tableau 1-5 nous apprend que la croissance annuelle de la consommation d'énergie dans le secteur des transports entre 2000 et 2005 a augmenté nettement moins que dans la période allant de 1979 à 2005.

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN BELGIQUE

Une partie des sources d'énergie primaire est utilisée pour la production d'électricité. La production annuelle d'électricité dans notre pays est d'environ 88 000 GWh¹⁵. L'électricité peut aussi être importée de l'étranger. Certains jours et à certains moments de la journée, la Belgique exporte de l'électricité. À d'autres moments, elle en importe. Annuellement, nos importations nettes globales d'électricité sont égales à environ 12% de la production domestique, ce qui place la Belgique en tête du peloton européen. La Belgique importe beaucoup d'électricité provenant des centrales nucléaires françaises, de sorte que l'électricité nucléaire est considérablement plus importante pour notre pays que ne le laisserait supposer la production nationale des centrales nucléaires belges.

Le chiffre de 88 000 GWh comme production nationale ne dit pas beaucoup sur la puissance qu'il faut produire au cours d'une journée déterminée. En 2005 et 2006, la puissance maximale produite était d'environ 13 000 MW. Certains jours d'été et de vacances, la puissance demandée en Belgique est presque 50% plus basse. Dans le secteur de l'électricité, une part considérable des capacités installées est donc fortement sous-utilisée. Cependant, le coût du capital de ces installations doit aussi être récupéré dans la fixation des prix.

La capacité totale installée pour la production d'électricité en Belgique est d'environ 16 000 MW. La part de la capacité nucléaire, égale à 5800 MW, représente environ 36% de la capacité totale installée, tandis que les centrales thermiques et fossiles représentent environ 7000 MW, soit 42%. Les 22% restants de la capacité de production proviennent de la cogénération d'énergie (8,5%)¹⁶, de l'énergie hydro-électrique et des châteaux d'eau (9%), et le reste est assuré par les déchets, la récupération, l'éolien et le biogaz¹⁷.

Sur base annuelle, nos importations nettes globales d'électricité sont égales à environ 12% de la production domestique annuelle, ce qui place la Belgique en tête du peloton européen.

La capacité totale installée pour la production d'électricité en Belgique est d'environ 16 000 MW.

¹⁵ 1 GW (gigawatt) est égal à 109 watts, soit un milliard de watts. 1 MW (mégawatt) est égal à 106 watts. Si cette puissance est produite en une heure exactement, on l'indique en ajoutant un « h ».

¹⁶ La cogénération est une technologie d'incinération qui permet de produire de l'électricité, en cours de production de chaleur (pour des applications industrielles ou pour le chauffage de zones résidentielles)

¹⁷ Ces chiffres, et en particulier la part de la cogénération, a récemment donné lieu à de nombreuses discussions.

TABLEAU 1-6 : STRUCTURE DE LA PRODUCTION BRUTE D'ÉLECTRICITÉ EN BELGIQUE

Production annuelle brute	2003		2004		2005	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Energie nucléaire	47 379	56	47 312	55,4	47 596	54,7
Charbon	9 638	11,4	9 147	10,7	8 199	9,4
Gaz	23 579	27,9	23 812	27,9	25 409	29,2
Carburants liquides	1 007	1,2	1 675	2,0	1 740	2,0
Biomasse et déchets	1 609	1,9	1 760	2,1	2 250	2,6
Hydroélectricité, éolien et pompage-turbinage	1 404	1,7	1 736	2,0	1 831	2,1
Total	84 616	100	85 442	100	87 025	100

SOURCE : SPF ÉCONOMIE (2007). LE MARCHÉ DE L'ÉNERGIE EN 2005, p. 24

Les centrales nucléaires belges livrent environ 55% de la production belge d'électricité, soit 47 600 GWh. C'est beaucoup plus que la part relative des centrales nucléaires dans la capacité totale (environ 36%) parce que les centrales nucléaires travaillent de manière continue.

Les ambitions de fermer les centrales nucléaires belges exigent donc la construction d'une capacité de remplacement comparable pour une production continue d'électricité.

Il ressort du tableau 1-6 que les centrales nucléaires belges livrent environ 55% de la production belge d'électricité, soit 47 600 GWh. C'est beaucoup plus que la part relative des centrales nucléaires dans la capacité totale (environ 36%) parce que les centrales nucléaires travaillent de manière continue. Si l'on compte l'électricité nucléaire importée, 60% de la consommation belge d'électricité est d'origine nucléaire.

Les ambitions de fermer les centrales nucléaires belges exigent donc la construction d'une capacité de remplacement comparable produisant de l'électricité en continu. Les éoliennes ne produisent à la capacité maximale que 26 à 30% de temps, un parc éolien ne peut être pris en considération pour le remplacement de la capacité nucléaire tant qu'on ne dispose pas de capacité de stockage.

Naturellement, certains prétendent que le baseload ou production continue est un concept complètement dépassé. Il y a même des esprits assez créatifs pour prétendre que l'électricité baseload n'existe pas (pourtant, sur les marchés actuels de l'électricité, on en vend). Ils affirment qu'en moins de rien, le marché de l'électricité fonctionnera avec uniquement de petits paquets d'électricité permettant à chaque utilisateur de satisfaire ses besoins au meilleur prix sur les marchés internationaux. Les concepts de flexibilité et d'individualité sont rapidement devenus très populaires, et, à terme, nous évoluerons certainement dans cette direction. Mais, en attendant, nous devons encore utiliser pendant quelques dizaines d'années les possibilités qu'offrent les technologies existantes. Ce n'est pas en prenant nos désirs pour des réalités que nous pourrions continuer à nous éclairer demain.

Les centrales au charbon représentaient en 2005 encore 8200 GWh, soit un petit 10% de la production totale. La part des centrales au gaz est de 30%.

Pour le moment, le prix de vente final de l'électricité en Belgique est légèrement supérieur à la moyenne de l'UE-27. Le ménage moyen paie en Belgique presque 560 euros pour 3 500 kWh par an, soit 0,16 euros par kWh.

En Belgique, la taxe sur l'électricité s'élève à 22,3%, ce qui place notre pays un peu en dessous de la moyenne européenne.

Le retrait du nucléaire n'est possible que si de nouvelles centrales au gaz et au charbon sont construites pour une capacité totale de 4000 MW. La construction d'une nouvelle centrale au charbon dure environ cinq ans, de sorte que l'année 2015 est terriblement proche. Évidemment, nous pouvons aussi entre-temps continuer à comprimer la demande d'électricité et utiliser au maximum la cogénération d'énergie. Il s'agit d'options très louables, mais elles sont insuffisantes pour compenser 55% de la production totale d'électricité.

Les centrales au charbon représentaient en 2005 encore 8200 GWh, soit un petit 10% de la production totale. La part des centrales au gaz est de 30%. La part des énergies renouvelables provenant de la biomasse, des déchets, de l'eau et du vent augmente, mais reste encore relativement limitée.

L'industrie belge consomme environ 40 000 GWh. Dans le secteur de l'acier, la consommation d'électricité a considérablement diminué depuis 2003. La consommation des ménages reste relativement stable.

PRIX

Pour le moment, le prix de vente final de l'électricité en Belgique est légèrement supérieur à la moyenne de l'UE-27. Le ménage moyen paie en Belgique presque 560 euros pour 3 500 kWh par an, soit 0,16 euros par kWh. Mais aux Pays-Bas, le même ménage moyen paie 770 euros pour 3500 kWh, soit 0,22 euro par kWh. Ce n'est qu'au Danemark et en Italie que les consommateurs paient plus qu'aux Pays-Bas. En Allemagne aussi, la facture est plus élevée – 700 euros pour 3 500 kWh, soit 0,20 euro par kWh –, tandis que les Français jouissent d'un prix moins élevé, à savoir 420 euros pour 3 500 kWh, soit 0,12 euro par kWh. Il ressort des données d'Eurostat que les prix très élevés rencontrés aux Pays-Bas, en Italie, au Danemark et en Allemagne s'expliquent principalement par des taxes plus élevées qu'en Belgique. Au Danemark, pas moins de 55% de la facture d'électricité va remplir les coffres du Trésor, tandis que dans l'UE-27, les taxes s'élevaient en moyenne à 23,3% en janvier 2007. En Belgique, la taxe sur l'électricité s'élève à 22,3%, ce qui place notre pays un peu en dessous de la moyenne européenne. Au Danemark, le prix de l'électricité avant impôts est même plus bas qu'en Belgique (0,11 contre 0,12 euro par kWh).

Pour les utilisateurs industriels dont la consommation annuelle est de 2000 MWh, le prix en Belgique est de 0,097 euro par kWh, ce qui est un peu au-dessus de la moyenne dans l'UE-27 (0,092 euro par kWh). Les Néerlandais et les Allemands paient un peu plus, respectivement 0,103 et 0,107 par kWh, tandis que les entreprises françaises bénéficient tout de même d'un avantage sur le prix de 30%, soit 0,058 euro par kWh.

PROPOSITION

On a tout intérêt à compléter les discussions sérieuses sur l'énergie nucléaire par une analyse réaliste portant sur la nécessaire capacité de remplacement par l'équivalent et sur le temps requis pour que cette capacité soit opérationnelle. Présenter le retrait du nucléaire comme une décision arbitraire sans conséquence, c'est faire un exposé irréaliste.



06

LA TRANSITION EST-ELLE
UNE UTOPIE OU UNE
OPPORTUNITÉ ?



La part des énergies fossiles dans l'ensemble du système énergétique représente 87%, et le charbon gagne en importance. L'augmentation des prix du pétrole entre 2005 et 2008 n'a apparemment pas provoqué de révolution énergétique.

La transition énergétique est loin d'aller de soi. Une politique volontariste requiert la reconnaissance du potentiel dont on dispose dans la transition énergétique.

La part de charbon dans le système énergétique global augmente, bien que ce combustible solide soit décrié depuis déjà 750 ans.

L'explosion des prix des énergies fossiles entre 2005 et la première moitié de 2008 ne semble pour le moment pas être un levier pour les systèmes utilisant des énergies alternatives que nous désirons si ardemment.

Près d'un siècle après que Ciamician suggérait de remplacer l'économie basée sur le charbon par une économie fondée sur l'énergie solaire, nous constatons que les systèmes utilisant l'énergie fossile représentent encore toujours environ 87% de l'ensemble des systèmes utilisant de l'énergie. La part relative du charbon est en augmentation. En outre, les réserves en charbon offrent encore un potentiel de croissance considérable pour ce combustible solide décrié depuis déjà 750 ans. En 1257, la femme de Henry III était en visite au château de Nottingham, et elle fut prise à la gorge si intensément par la pollution issue des feux de charbon qu'elle fit demi-tour immédiatement¹⁸. Le charbon, peu onéreux, a gagné en popularité, et l'Europe a connu de nouvelles formes de pollution de l'air. En réaction, la première loi relative à l'environnement a vu le jour à Londres en 1307. Elle interdisait de brûler du charbon dans des feux ouverts au voisinage des quartiers où les riches Londoniens aimaient s'arrêter. Au XX^e siècle également, plusieurs réglementations ont découragé l'utilisation du charbon ou en ont fortement augmenté le prix. Il n'empêche que le charbon a du succès. Depuis 750 ans, il n'y a toujours pas de véritable substitut pour ce « *sale et vieux charbon* ».

La première crise pétrolière a eu lieu il y a déjà plusieurs dizaines d'années. Cette crise a fait vivre une expérience traumatisante au riche Occident, avec des tensions internationales, des dimanches sans voiture, puis une fameuse récession. Après 1973, on a investi beaucoup plus dans les technologies relatives aux énergies alternatives, depuis les éoliennes jusqu'aux combustibles synthétiques. Mais ensuite, ces investissements sont retombés, et, actuellement, les énergies renouvelables « modernes » représentent à peine 1% de la totalité des systèmes énergétiques. Et ce tandis que, depuis 1992, nous parlons et continuons de parler d'une politique internationale relative au climat avec des objectifs de réduction contraignants. De plus, l'augmentation des prix pétroliers à partir de 1999 et la véritable poussée des prix entre 2005 et la première moitié de 2008 ne semblent pas pour le moment constituer un levier pour les systèmes utilisant des énergies alternatives, que nous désirons si ardemment. Après la crise de 1973, l'Occident a fait connaissance de Khomeiny et d'autres dirigeants marquants du Moyen-Orient. Nos réserves de pétrole sont gérées par des pays que nous décrivons par euphémisme comme des « pays présentant un profil de risque élevé », ce qui nous inquiète de plus en plus. L'AIE a réalisé une analyse sur la nécessité de forages, à partir de 2020, dans de nouveaux gisements pétrolifères non encore découverts pour répondre à la diminution

¹⁸ Derek M. Elsom (1995). Atmospheric Pollution Trends in the United Kingdom, in Simon, Julian (ed). The State of Humanity (Blackwell, Oxford)

de l'offre globale. Si cette analyse s'avère correcte, l'importance de ces considérations géopolitiques est tout à fait secondaire. De toute façon, ce sera pomper ou mourir, peu importe où l'on pompe... Et pourtant, les systèmes utilisant les énergies fossiles restent tout aussi dominants car nous pouvons en principe éviter 25 millions de barils par une combinaison de stratégies et donc ainsi utiliser plus longtemps les mêmes gisements de combustibles fossiles, qui ne sont pas infinis. Mais, selon Hirsch, nous devons alors investir massivement pendant dix ans, également dans des projets impopulaires comme une capacité énorme de combustibles synthétiques.

Nous n'avons pour le moment pas d'autre choix que de maintenir le système fossile.

Est-ce que la transition énergétique des systèmes utilisant les énergies fossiles à des systèmes utilisant des énergies non fossiles est alors une utopie, une énième erreur de narration sans fondement ? Ou avons-nous jusqu'à présent fait surtout fausse route en matière de transition énergétique par notre refus d'utiliser pleinement l'instrument des prix.

Seule une approche globale peut apporter une différence globale.

Pour le moment, nous devons maintenir debout les systèmes utilisant les énergies fossiles mais c'est un tel travail que les projets alternatifs avec un rendement à beaucoup plus long terme seront peut-être supplantés. De cette manière, la transition énergétique devient surtout une transition fossile où le charbon et le gaz sont transformés en pétrole. Est-ce que la transition énergétique des systèmes utilisant les énergies fossiles à des systèmes utilisant des énergies non fossiles est alors une utopie, une énième erreur de narration sans fondement ? Ou avons-nous jusqu'à présent fait surtout fausse route en matière de transition énergétique par notre refus d'utiliser pleinement l'instrument des prix ? Si, il y a quinze ans, on avait attaché un prix au CO₂, tous les subsides pour les systèmes utilisant les énergies fossiles auraient été repris pour être massivement investis dans des technologies relatives aux énergies renouvelables, et le paysage énergétique serait tout à fait différent. Les systèmes utilisant les énergies fossiles seraient bien sûr quand même dominants, mais l'importance des systèmes utilisant les énergies alternatives ne serait pas que symbolique comme aujourd'hui. Pourquoi cependant cela n'a-t-il pas été fait ? La réponse la plus logique est que « nous » n'agissons pas comme un seul et même décideur. Alors que seule une approche globale peut apporter une différence globale. Quelques pays européens peuvent être très ambitieux, mais si leur exemple n'est pas suivi, au final, ça ne change pas grand chose. On suit les bons exemples, on rejette les mauvais. Il n'y a pas de gouvernement mondial, et c'est probablement une bonne chose. Cependant, il y a beaucoup trop peu de collaboration internationale dans beaucoup de domaines importants (l'énergie n'est pas le seul problème mondial), et il se pourrait qu'un jour, on doive s'en mordre les doigts.

Aussi, il est probablement prématuré de rejeter la transition énergétique comme une utopie. Le potentiel et les avantages de la transition ne sont pas encore pleinement reconnus. L'expérience montre bien depuis 1973 que la transition est loin d'être

Le potentiel et les avantages de la transition ne sont pas encore pleinement reconnus. L'expérience montre bien depuis 1973 que la transition est loin d'être évidente.

évidente. C'est un travail énorme que de mettre en route la transition, même pour 2050. Et pour donner une chance à la transition énergétique, il est urgent de prendre des décisions globales ayant un grand impact à long terme. C'est une course contre la montre et contre le pic pétrolier car lorsque la production de pétrole commencera à vraiment diminuer, tous les fonds iront aux combustibles synthétiques. *En avant.*



PARTIE 2

**LA TRANSITION
ÉNERGÉTIQUE :
TOUR D'HORIZON**

01

LA VISION DE L'AIE :
ENERGY TECHNOLOGY
PERSPECTIVES 2008



L'Agence internationale de l'énergie (AIE) arrive à la conclusion qu'une adaptation radicale de l'ensemble des systèmes énergétiques est possible. En l'absence d'une politique de transition ambitieuse, les émissions de CO₂ augmenteront de 130% d'ici à 2050. Une politique de transition ferme est basée sur l'utilisation de l'instrument des prix ou « valeurs du carbone » (carbon values) par tonne de CO₂. L'instrument des prix assure une transition efficace en termes de coûts, le coût minimal de l'investissement étant toutefois compris entre 17 000 et 45 000 milliards de dollars. Le financement de ces montants suppose la mobilisation massive du secteur privé. Heureusement, une très grande partie de ce coût d'investissement peut être récupérée puisqu'ultérieurement, les factures énergétiques seront moins élevées.

Dans une stratégie efficace en termes de coûts, la part des réductions des émissions due aux investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique est de 36 à 54%. Le reste s'explique par le recours au stockage du carbone, à l'énergie renouvelable et à l'énergie nucléaire. L'AIE conclut que, pour réaliser des objectifs de réduction ambitieux, toutes les options technologiques doivent être utilisées de manière optimale. Un favoritisme technologique où certaines technologies sont bannies a priori n'entre pas dans le cadre de la réflexion sur la transition.

En 2050, l'énergie fossile apparaît très importante, mais la politique de transition peut faire de la biomasse la première source d'énergie.

Pour mobiliser l'attention en faveur de l'indispensable transition énergétique, les calculs et les comparaisons doivent se faire avec sérieux. Ces analyses sont effectuées par des institutions, telles que l'AIE, par des réseaux universitaires et par des groupes-conseils internationaux. Tous les exercices de modélisation à propos de l'avenir énergétique et des nouvelles technologies ont leur mérite, mais, d'un point de vue technologique, ce sont indiscutablement les rapports de l'AIE qui sont les plus détaillés, les mieux étayés et les plus transparents. Cette deuxième partie se penchera donc sur le travail de modélisation de l'AIE en se fondant sur le rapport intitulé « *Energy Technology Perspectives. Scenarios & Strategies to 2050* » (*Perspectives des technologies de l'énergie. Scénarios et stratégies à l'horizon 2050*). Ce rapport, publié en 2008, analyse la conjonction de toutes les technologies, qu'elles existent déjà ou qu'elles soient nouvelles, afin d'obtenir une meilleure image de l'importance relative de chacun des éléments de la transition.

DÉBUTER LA TRANSITION OU LA RETARDER ?

Les analyses de l'AIE ont été effectuées pour le G8. Le G8 voulait savoir si, d'un point de vue technologique, une politique climatique internationale ambitieuse était réalisable. S'il s'avère qu'un objectif ambitieux en matière de réductions des émissions est réellement possible sur le plan technologique, les responsables politiques prendront des mesures plus orientées vers la réalisation de ce potentiel. Si même le modèle le plus optimiste sur le plan technologique ne permet pas de réduire fortement les émissions, les responsables politiques devront alors poursuivre pendant quelques décennies encore ce qui n'est en réalité qu'une pseudo-politique.

Dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, l'AIE se concentre sur les émissions de CO₂ en raison de l'effet sur le climat. D'autres dimensions importantes du système énergétique ne sont pas encore assez mises en relief, notamment la pollution « classique »¹⁹ (émissions de polluants acidifiants, particules fines, etc.), la sécurité ou l'insécurité énergétique, les conséquences de la balance des paiements et les effets de l'emploi. En principe, ces dimensions mériteraient beaucoup plus d'attention. En plus de la réalisation de certains objectifs sur le plan climatique, la politique de transition peut avoir encore d'autres avantages importants, mais ces derniers sont actuellement négligés, par obsession du CO₂.

Si la transition énergétique n'est pas possible selon les modèles optimistes sur le plan technologique, les décideurs doivent alors d'abord poursuivre pendant quelques dizaines d'années encore ce qui n'est en réalité qu'une pseudo-politique.

Par obsession du CO₂, les autres avantages de la transition énergétique sont négligés.

¹⁹ Le CO₂ n'est pas un polluant ; tout le monde en produit. C'est une substance indispensable à la vie sur terre. Comme le CO₂ est relativement peu nocif, de nombreux pays éprouvent des difficultés à l'intégrer dans la réglementation existante concernant les polluants.

Actuellement, la réflexion actuelle sur la transition ne prête pas attention au profil des technologies utilisant des énergies dressé par analyse du cycle de vie (ACV).

Dans le scénario tablant sur le *statu quo*, présenté par l'AIE, la demande de pétrole augmentera de 70% entre 2005 et 2050, et les émissions mondiales de CO₂ de 130%.

La transition énergétique n'est possible que si des instruments politiques très puissants sont mis en œuvre de manière généralisée.

Entre 2005 et 2030, la part de l'Union européenne dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre va tomber pour passer de 16% à moins de 10%.

Une question intéressante se pose donc : dans quelle mesure la transition énergétique motivée par le CO₂ diffère-t-elle d'autres transitions énergétiques, par exemple une transition où l'on accorde une place prépondérante au cycle de vie (ou le profil dressé par analyse du cycle de vie ²⁰) de toute technologie relative à l'énergie ? Aucune étude ne porte actuellement sur ce point, ce qui est tout de même une lacune. En un siècle, il est possible d'assister tout au plus à une ou deux transitions énergétiques fondamentales.

STATU QUO SELON L'AIE

Afin de pouvoir juger l'impact ou la signification de la transition énergétique, l'AIE présente une image possible du paysage énergétique de 2050 selon un scénario tablant sur le *statu quo* (c'est-à-dire une politique inchangée). Dans ce scénario, il n'y a ni politique de transition, ni politique technologique stimulante, ni politique ambitieuse concernant le climat et l'environnement ni politique orientée sur une plus grande sécurité en matière d'énergie, et le monde continue de tourner comme si nous n'étions pas conscients de l'imminence de certains problèmes. Dans un scénario tablant sur le *statu quo*, notre avenir énergétique paraît en situation très critique. En effet, l'AIE prévoit que la demande de pétrole augmente de 70% entre 2005 et 2050. Sur la même période, les émissions mondiales de CO₂ passent de 28 à 62 gigatonnes par an, soit une augmentation de 130%. Ces projections montrent sans détour qu'une politique climatique ambitieuse en matière de transition n'est possible que si des instruments politiques très puissants sont mis en œuvre de manière généralisée. La politique climatique doit donc évoluer rapidement pour passer d'une politique régionale à une politique généralisée. Entre 2005 et 2030, la part de l'Union européenne dans les émissions mondiales de gaz à effet de serre va d'ailleurs tomber pour passer de 16% à moins de 10%. En 2050, la part relative de l'UE dans les émissions mondiales sera encore beaucoup plus faible.

²⁰ L'analyse de cycle de vie (ACV) d'une technologie relative à l'énergie permet de connaître l'impact écologique total, depuis la phase de production jusqu'à la phase finale de recyclage de la technologie. Une ACV de panneaux solaires montre, par exemple, que l'énergie nécessaire pour produire les panneaux est égale à la production d'électricité par ces panneaux pendant les cinq premières années qui suivent leur installation.

PRIX DU PÉTROLE, NOMINAL ET RÉEL

Les prévisions de l'AIE liées au scénario tablant sur le *statu quo* sont le résultat d'un prix de pétrole augmentant légèrement entre 2030 et 2050 pour passer de 62 à 65 dollars le baril. Il s'agit de prix exprimés en dollar constant déterminé pour l'année 2005. Les prix nominaux du marché seront considérablement plus élevés en raison de l'inflation pendant cette longue période. Le prix réel du pétrole étant à 65 dollars le baril, son prix nominal en 2050 sera de 160 ou de 250 dollars avec inflation constante respectivement de 2% et de 3%. Ces hypothèses quant au prix sont cohérentes avec les scénarios de référence de l'AIE dans *World Energy Outlook (WEO)*, mais les prix mentionnés dans la dernière édition du WEO sont nettement plus élevés.

Selon l'AIE, les prix du pétrole mentionnés dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008* sont suffisamment élevés pour rendre attractifs les substituts du pétrole conventionnel. Mais, en comparaison avec les prix historiquement élevés de 2008, ces prix du pétrole sont singulièrement bas. Au cours du premier semestre de 2008, maints analystes ont d'ailleurs dit que le prix du pétrole continuerait à augmenter pour atteindre 200 à 250 dollars le baril en 2015 voire plus tôt. L'AIE ne partage donc pas cet avis, mais elle signale de manière tout à fait explicite que ces prix relativement bas ne seront possibles que moyennant un effort colossal d'investissements dans les systèmes utilisant les énergies fossiles. En l'absence de ces investissements dans une nouvelle capacité – prospection, exploitation, plates-formes de forage, pipelines, raffinage, etc. – les prix risquent d'être beaucoup plus élevés.

Les prix réels auxquels nous sommes confrontés peuvent aussi être complètement faussés par des vagues de spéculation. Une spéculation qui pousse fortement les prix à la hausse, comme on l'a observé en 2007 et en 2008, est toujours relativement momentanée, mais elle perturbe bien sûr les décisions d'investissement de tous les acteurs concernés. Les hypothèses de l'AIE quant au prix sont préservées de telles vagues spéculatives²¹, ce qui rend les décisions d'investissement bien plus simples et transparentes.

Dans le scénario tablant sur le *statu quo*, la forte augmentation des émissions ne signifie en aucune manière qu'aucun effort n'est consenti pour limiter les émissions de CO₂. Dans ce scénario, des investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique ont bien lieu pour la bonne raison que l'énergie est de plus en plus chère. Comme aucun prix n'est fixé pour le CO₂, les investissements qui sont effectués sont

Une spéculation qui pousse fortement les prix à la hausse, comme on l'a observé en 2007 et en 2008, est toujours relativement momentanée, mais elle perturbe bien sûr les décisions d'investissement de tous les acteurs concernés.

21 Il n'est pas possible de modéliser les vagues spéculatives que nous réserve l'avenir.

Les investissements dans le captage et le stockage du CO₂ (CO₂ Capture and Sequestration (CCS)) ne sont même pas envisagés dans les scénarios sans rétribution pour les réductions de CO₂.

uniquement ceux qui se remboursent eux-mêmes sur la base des prix de l'énergie dans le modèle. Les investissements dans le captage et le stockage du CO₂ (CO₂ Capture and Sequestration (CCS)) ne sont même pas envisagés dans les scénarios sans rétribution pour les réductions de CO₂. Si le modèle tablant sur le *statu quo* se basait sur des prix de l'énergie plus faibles, les émissions de CO₂ seraient donc beaucoup plus élevées. Le pétrole à prix réduit, et ce de manière stable pendant dix ans, pose problème quant à l'évolution des émissions de CO₂.

LE PRIX FAIT TOUT...

Par contre, si, dans les exercices de modélisation, l'AIE opte pour des prix réels du pétrole qui s'élèvent jusqu'à 200 dollars ou plus d'ici à 2050, les émissions auront alors certainement déjà fortement diminué en 2050 par rapport au niveau d'aujourd'hui. Le travail de modélisation de l'AIE conclut en effet que des prix réels du pétrole aux environs de 130 dollars peuvent, en principe, suffire pour réduire de plus de moitié les émissions de CO₂ à l'horizon 2050 (voir « BLUE » plus loin).

Si le travail de modélisation de l'AIE est représentatif du fonctionnement de l'ensemble des systèmes énergétiques – question qui, en soi, pourrait déjà faire l'objet d'une étude intéressante –, cette dernière hypothèse quant au prix rend alors superflue une politique publique en faveur de l'indispensable révolution énergétique. Dans ce cas, il suffit au gouvernement de mettre en place des mécanismes maintenant les prix de l'énergie élevés en permanence, par exemple à 130 dollars le baril de pétrole brut (en termes réels).

EFFICACITÉ EN TERMES DE COÛTS ET EXACTITUDE DES INFORMATIONS

Comme la plupart des groupes de recherche, l'AIE travaille avec des modèles technologiques. Ces modèles sont conçus de manière à réaliser un objectif, en l'occurrence un objectif généralisé à propos des émissions de CO₂. Pour ce faire, des technologies sont sélectionnées ainsi que des biens d'investissement (bâtiments, procédés industriels, etc.). L'algorithme de choix du modèle sélectionne toujours d'abord les options technologiques les meilleur marché pour atteindre l'objectif. Pour notre propos, cela signifie que le modèle choisit des options technologiques en fonction de leur efficacité en termes de coûts ou le coût pour éviter une tonne de CO₂. De tels

L'AIE présente l'offre la meilleur marché pour la transition énergétique globale

modèles prennent donc pour point de départ une rationalité économique, « les fruits à portée de main » étant les premiers cueillis. Ensuite seulement, on grimpe à l'arbre pour cueillir les fruits plus difficiles à atteindre. Après utilisation maximale des technologies les meilleur marché, l'algorithme du modèle sélectionne des technologies de plus en plus onéreuses jusqu'à ce que l'objectif fixé soit atteint. De cette manière, l'AIE garantit donc l'offre la meilleur marché pour la transition énergétique globale. En effet, la politique de transition est chère, de telle sorte qu'il serait logique d'avoir pour stratégie la recherche d'une minimalisation des coûts dès le jour un. Les choix technologiques qui diffèrent fortement des résultats de l'AIE impliquent une transition énergétique différente et considérablement plus onéreuse.

L'efficacité en termes de coûts comme critère de sélection dans un modèle technologique ne doit pas être confondue avec un point de vue dogmatique ou ultra-rationnel sur la manière dont les choses fonctionnent dans la réalité. Nous savons tous que la plupart des décisions sont prises sur la base de critères très divers dont certains ne peuvent même pas être formulés explicitement. L'efficacité en termes de coûts, c'est-à-dire l'optimisation des ressources (*value-for-money*), n'est le plus souvent qu'un de ces critères parmi d'autres. Il serait impossible de modéliser tous les aspects de chacune des décisions d'investissement prises dans le monde entre 2005 et 2050. Par exemple, d'ici à 2050, les investisseurs vont-ils prendre plus ou moins de risques ? Personne ne peut répondre à une telle question.

Vu la difficulté de prédire l'avenir, l'AIE utilise des modèles technologiques où les décisions d'investissement prennent pour point de départ des informations précises. Ces modèles ne manquent pas de fondements. Mais, dans la réalité, tout investisseur est confronté à de grandes incertitudes, et le financement de projets ambitieux est tout sauf évident (ce qui vaut aussi pour les périodes de croissance économique florissante). Les gens doutent, et, entre 2005 et 2050, les décisions d'investissement seront beaucoup moins nombreuses que dans les simulations de l'AIE. La transition réelle sera plus lente. On peut donc dire que les résultats de l'AIE sont très optimistes sur le plan technologique.

La transition réelle sera plus lente, et les résultats de l'AIE sont très optimistes sur le plan technologique.

ACT : STABILISATION DES ÉMISSIONS À L'HORIZON 2050

Est-il possible de stabiliser les émissions mondiales de CO₂ d'ici à 2050 ? C'est loin d'être évident si l'on prend comme point de départ le scénario tablant sur le *statu quo*. Mais dans un chapitre intitulé « Scénarios ACT », l'AIE présente un paysage énergétique

La réalisation de l'objectif de stabilisation dans le scénario ACT exige la mise en œuvre de technologies, le coût marginal de réduction se situant à maximum 50 dollars par tonne de CO₂.

La transition n'est pas tellement dépendante d'une seule technologie, mais d'un mécanisme ayant un effet mobilisateur.

où les émissions mondiales de CO₂ en 2050 seront effectivement comparables au niveau d'émissions de 2005 (soit 28 gigatonnes de CO₂ par an). Dans les scénarios ACT, les émissions continuent d'augmenter après 2005 pour atteindre un pic entre 2020 et 2030. Ce n'est que plus tard que commence la diminution. La stabilisation des émissions à l'horizon 2050 peut paraître à beaucoup une révolution énergétique bien terne puisque les émissions de CO₂ ne diminuent pas. Mais il faut comparer la stabilisation à l'augmentation des émissions de 130% dans le scénario tablant sur le *statu quo*. Éviter cette forte augmentation est déjà en soi un défi.

Dans le scénario ACT, la réalisation de l'objectif de stabilisation exige la mise en œuvre de toutes les technologies relatives à la réduction des émissions, le coût marginal se situant à maximum 50 dollars par tonne de CO₂. Dans le modèle, un prix est fixé à l'émission d'une tonne de CO₂ – une sorte de taxe sur le CO₂. Tous les acteurs économiques rechercheront donc, parmi les possibilités de réduction, celles qui sont les moins chères. Pour chaque option de réduction, le modèle connaît le coût par tonne évitée d'ici à 2050. Un coût marginal de réduction inférieur ou égal à 50 dollars par tonne de CO₂ est le coût lié à la mesure de réduction à prendre en *dernier recours* pour réaliser l'objectif à propos des émissions de CO₂ en 2050. Toutes les autres mesures en matière de réduction des émissions coûtent donc moins voire beaucoup moins que 50 dollars par tonne de CO₂.

En effet, voici une bonne nouvelle : en pratique, il y a beaucoup de mesures pour lesquelles le coût de réduction est *négatif*. C'est le cas des investissements efficaces, qui se remboursent rapidement. Les technologies relatives à la réduction des émissions ayant un coût de plus de 50 dollars par tonne de CO₂ évitée ne sont donc en principe pas nécessaires pour stabiliser les émissions à leur niveau de 2005 d'ici à 2050. Comme les modèles de l'AIE sont particulièrement optimistes sur le plan technologique, et comme le paysage énergétique se modifiera bien plus lentement, la réalisation effective de l'objectif de stabilisation, en réalité, ira de pair avec un coût marginal de réduction plus élevé par tonne de CO₂.

LA TRANSITION DÉPEND SURTOUT D'UN MÉCANISME

Atteindre l'objectif de stabilisation en supposant un coût marginal de réduction se situant à 50 dollars par tonne de CO₂ implique l'existence d'un mécanisme global par lequel des millions d'investisseurs et de consommateurs de tous les secteurs possibles

Ces efforts indispensables en faveur de la réduction des émissions de CO₂ n'auront lieu que si les gouvernements fixent un prix au CO₂, le prix du carbone, appelé « valeur du carbone ».

Pour atteindre l'objectif du scénario ACT, les gouvernements doivent établir, tous en même temps, le montant correct des valeurs du carbone.

décident réellement d'investir en faveur de la réduction des émissions de CO₂. Il y a déjà plus de quinze ans que des appels sans engagement sont lancés pour limiter les émissions de CO₂, sans résultat spectaculaire. Ces efforts indispensables en faveur de la réduction des émissions de CO₂ n'auront lieu que si les gouvernements, d'une manière ou d'une autre, fixent un prix au CO₂, le prix du carbone, appelé « valeur du carbone » (*carbon value*). Le gouvernement peut introduire ce prix du carbone en augmentant les taxes énergétiques existantes, en introduisant de nouvelles taxes sur le CO₂ ou en diffusant le principe de quotas négociables pour les émissions de CO₂. Augmenter les impôts indirects existants ou le taux de la TVA sur les produits énergétiques est une opération très simple pour les pouvoirs publics. Mais il s'agit de taxes indirectes sur le CO₂ puisque ce sont les produits énergétiques fossiles qui sont taxés et non les émissions de CO₂ après combustion. L'introduction d'une taxe directe sur le CO₂ demande donc bien une adaptation de la fiscalité existante en matière d'énergie, ce qui, en principe ne devrait pas être un gros problème. Dans le futur, une technologie de surveillance sera diffusée jusqu'au niveau du consommateur de manière à faciliter la mesure des émissions de CO₂, et leur taxation.

Si, par une taxation, les pouvoirs publics optent pour la fiscalité classique, ils déterminent eux-mêmes les incitations financières en vue de la limitation des émissions de CO₂. Les pouvoirs publics peuvent laisser ces incitations financières évoluer à court et long terme, par exemple en passant de 10 à 30 euros par tonne de CO₂ respectivement en 2010 et en 2020. Si les pouvoirs publics communiquent sur ce point avec tous les secteurs économiques de manière transparente, l'incertitude à propos des décisions d'investissement est partiellement levée. Pour atteindre l'objectif du scénario ACT, les gouvernements doivent établir, tous en même temps, le montant correct des valeurs du carbone. En théorie, c'est possible, mais, à ce jour, on n'a encore jamais assisté à une telle coordination internationale de la politique, et, pour le moment, il est très peu probable qu'elle ait lieu. D'un point de vue plus pragmatique, le G8 et les pays qui ont ratifié le protocole de Kyoto peuvent, dans un premier temps, introduire eux-mêmes les valeurs du carbone et utiliser une partie des revenus ainsi obtenus pour convaincre les autres pays de suivre leur exemple. Étant donné que les pays du G8 utilisent énormément d'énergie, les revenus obtenus à la suite de l'introduction des valeurs du carbone peuvent représenter une jolie somme, ce qui offre certainement des possibilités à des pays qui, d'une manière ou d'une autre, recherchent des opportunités de financement supplémentaire. Une taxation du CO₂ au niveau mondial n'est pas pour demain, mais

Une taxation du CO₂ au niveau mondial n'est pas pour demain, mais ce n'est pas non plus indispensable. Si le CO₂ n'est taxé à l'échelle planétaire que dans dix ou vingt ans, c'est déjà bien.

En introduisant un prix du CO₂, les pouvoirs publics incitent tous les acteurs économiques à rechercher des mesures de réduction qui soient rentables.

ce n'est pas non plus indispensable. Si le CO₂ n'est taxé à l'échelle planétaire que dans dix ou vingt ans, c'est déjà un progrès. .

Un système d'échange de droits d'émission, tels qu'il existe dans l'Union européenne, encourage aussi les entreprises participantes à limiter les émissions de CO₂. Mais le prix par tonne de CO₂ varie, ce qui augmente le niveau d'incertitude. En outre, l'échange des droits d'émission ne génère encore aucun revenu pour l'État car, pour le moment, les droits d'émission sont offerts gratuitement aux entreprises. Ceci devrait changer à partir de 2013, mais les modalités finales de l'échange des droits d'émission ne seront déterminées que lorsqu'on connaîtra la réaction de l'industrie européenne à la récession actuelle.

À partir du moment où le CO₂ a un prix, tous les acteurs économiques, à terme, se mettront à chercher les possibilités de réduire les émissions afin d'éviter la nouvelle taxe. Dans un premier temps, bon nombre de consommateurs ne réagiront pas ou que très peu à de faibles taxes sur le CO₂. Avec l'accroissement progressif de la taxe sur le CO₂, les personnes seront de plus en plus nombreuses à réagir. Si les pouvoirs publics optent pour une taxe de 50 dollars par tonne de CO₂, les acteurs économiques envisageront des mesures dont le coût par tonne évitée soit inférieur ou égal à 50 dollars. Il ne serait pas rationnel de choisir une technologie avec un coût de réduction se situant à 200 dollars par tonne, alors que le prix à payer pour l'émission d'une tonne de CO₂ ne serait que de 50 dollars. En effet, supposons que, pour une entreprise, le coût de réduction des émissions de CO₂ soit de 200 dollars par tonne. Il est alors plus économique pour elle de ne pas consentir à cet effort de réduction, mais de payer 50 dollars par tonne d'émissions. En introduisant un prix du CO₂, les pouvoirs publics incitent tous les acteurs économiques à rechercher des mesures de réduction qui soient rentables.

À COMBIEN S'ÉLÈVE LA VALEUR DU CARBONE ?

Sur le plan du prix, quelles sont les implications concrètes d'un coût de réduction se situant à 50 dollars maximum par tonne de CO₂ ? Pour avoir une idée de ce que représente un coût marginal de réduction par tonne de CO₂, ce qu'on appelle *la valeur du carbone*, se situant à 50 dollars, ce coût de réduction est le plus souvent exprimé comme une augmentation équivalente du prix du baril de pétrole. Lors de la combustion d'un baril de pétrole, une certaine quantité de CO₂ se retrouve dans l'atmosphère comme produit

de déchet²². Il est possible de peser cette quantité de CO₂, et, si on connaît le coût d'une tonne de CO₂ évitée, on peut en déduire les coûts attachés aux mesures de réduction du CO₂ pour chaque baril de pétrole consommé. Afin d'éviter les émissions de CO₂ et profiter malgré tout des services énergétiques tirés du pétrole, le consommateur doit acheter à la fois du pétrole et une technologie de réduction. Cette dernière a un prix, et augmente d'autant le coût de la consommation de pétrole. Par conséquent, il est logique d'exprimer le coût de réduction en dollars par baril. Ainsi, un coût marginal de réduction se situant à 50 dollars par tonne de CO₂ correspond à une augmentation du prix du pétrole de 16 dollars par baril. Ce coût de réduction conduit donc, pour un prix réel du pétrole de 65 dollars en 2050, à un prix d'utilisation réel final d'environ 81 dollars le baril. Le coût nominal d'utilisation sera en fait plus élevé, en raison de l'inflation. Dans le déroulement du scénario ACT²³, qui est plutôt pessimiste sur le plan technologique, la valeur du carbone devrait valoir 100 dollars pour que les émissions mondiales de CO₂ soient stabilisées, ce qui donne comme prix réel final de l'énergie en 2050, 97 dollars.

POURQUOI L'INSTRUMENT DES PRIX ?

Un prix donne des informations tant sur la valeur d'un bien ou d'un service que sur les coûts minimaux de production ou d'opportunité. Du côté de la demande, le prix proposé est un prix maximum, tandis que du côté de l'offre, le prix demandé est un prix minimum. Les justes prix mènent aux bonnes décisions, c'est-à-dire des décisions qui reflètent les taux de pénurie exacts. Si les prix sont perturbés, par des mesures gouvernementales par exemple, tous les acteurs économiques prennent de mauvaises décisions, et l'on voit apparaître des déséquilibres (provisaires) des marchés.

Dans les systèmes énergétiques, les prix appliqués sont fortement perturbés en raison principalement d'un système complexe de subsides, de taxes et d'autres limitations des activités de marché. De ce fait, les services liés à l'énergie sont, dans de nombreux cas, proposés à des prix trop faibles, et, en conséquence, nous consommons trop d'énergie. Les prix du carbone corrigent les prix trop faibles, et les décisions qui sont alors prises sont meilleures.

²² Un baril de pétrole donnant en moyenne 317 kg de CO₂, une tonne de CO₂ résulte de la consommation de 3,15 barils de pétrole.

²³ L'AIE développe un ensemble de scénarios pour réaliser les objectifs ACT, et les hypothèses concernant la dynamique technologique ont une grande influence sur les coûts attachés aux mesures de réduction. Si les technologies durables deviennent meilleur marché et gagnent en efficacité rapidement, éviter les émissions sera moins onéreux que si la dynamique technologique est très limitée.

Si des prix faussés entraînent des problèmes environnementaux, il faut rectifier le niveau des prix.

Si le prix du pétrole d'ici à 2050 est toujours nettement supérieur à 65 dollars – montant donné dans le scénario tablant sur le *statu quo* – il se peut que le scénario ACT devienne réalité sans que des mesures gouvernementales ne doivent être prises pour imposer un coût de réduction.

Les pouvoirs publics peuvent stabiliser les prix au moyen d'instruments politiques, tels que des taxes variables.

Si le marché travaille avec des prix « optimaux », y compris en ce qui concerne tous les coûts externes, il n'est pas nécessaire, du point de vue du bien-être, que les pouvoirs publics interviennent. Tout écart par rapport à la perfection des prix ne peut alors qu'entraîner des coûts sociaux.

Si des prix faussés entraînent des problèmes environnementaux, il faut rectifier le niveau des prix. Tant que les prix seront faussés, le choix d'autres instruments (campagnes d'informations, subsides, etc.) sera suivi de peu d'effets.

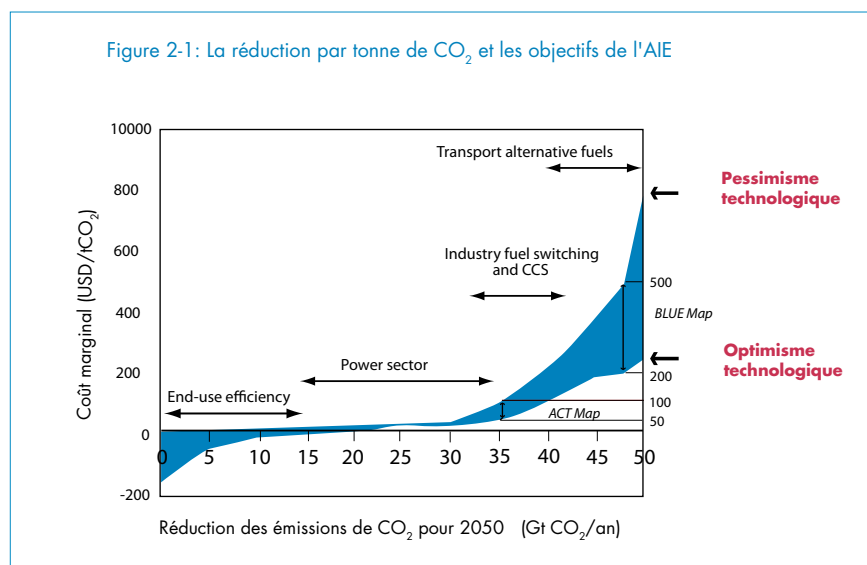
PRIX STABLES DANS DES ENVIRONNEMENTS VOLATILS

Si le prix du pétrole d'ici à 2050 est toujours nettement supérieur à 65 dollars, montant donné dans le scénario tablant sur le *statu quo*, il se peut que le scénario ACT devienne réalité sans que des mesures gouvernementales ne doivent être prises pour imposer un coût de réduction. La stabilisation des émissions globales est alors due au mécanisme impersonnel des prix et non à des mesures prises par les pouvoirs publics pour sauver notre précieuse planète. Cependant, nous devons bien être conscients que, dans le travail de l'AIE, le prix du pétrole reste stable et augmente légèrement et que les valeurs du carbone augmentent également de manière systématique. C'est justement ainsi que les émissions peuvent être stabilisées. Mais, dans la réalité, le prix du pétrole est volatil, et les décisions d'investissement ne sont pas du tout les mêmes si les prix sont élevés ou faibles selon les années ou s'ils augmentent de manière stable. L'introduction de *valeurs du carbone* n'a pas d'incidence sur la volatilité des prix, mais des solutions existent. En principe, les pouvoirs publics peuvent stabiliser les prix au moyen d'instruments politiques, tels que des taxes variables. Ils peuvent mettre en place une taxe sur le CO₂ ou sur l'énergie qui dépend de l'évolution des prix de l'énergie sur les marchés internationaux. Imaginons que les pouvoirs publics visent un prix de l'essence à 1,75 euro après taxation alors que le prix du marché est de 1,50 euro le litre. Une taxe supplémentaire de 0,25 euro par litre porte le prix de marché final à 1,75 euro. Si le prix de l'énergie augmente quand même et que le prix du marché hors taxe est de 1,70 euro, la taxe peut être abaissée à 0,05 euro par litre. Si le prix du marché continue à augmenter, la taxe peut même devenir négative, soit un subventionnement des prix, pour maintenir le prix au niveau visé de 1,75 euro le litre. Si les prix de l'énergie diminuent à l'échelle internationale et que le prix du marché hors taxe est de 1,20 euro, la taxe doit être augmentée à 0,55 euro pour garantir un prix de

marché stable à 1,75 euro. Un mécanisme qui cherche à atteindre la stabilité des prix demande un encadrement administratif complémentaire, mais son grand avantage est que les décisions d'investissement sont simplifiées. Les recettes fiscales provenant des taxes variables sont variables par définition, ce qui peut provoquer des problèmes si le gouvernement vise des recettes fiscales stables, par exemple pour diminuer d'autres impôts de manière constante.

VALEURS DU CARBONE POSITIVES ET COÛTS DE RÉDUCTION NÉGATIFS

Le modèle de l'AIE choisit des valeurs du carbone entre l'année de début et 2050 qui permettent d'arriver à l'objectif de réduction visé. Dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, la figure 2-1 illustre le lien entre la croissance des valeurs du carbone ou coûts marginaux de réduction et la réduction généralisée des émissions.



SOURCE : COPYRIGHT OECD/IEA, 2008

La figure montre qu'en 2050, une réduction des émissions de 35 gigatonnes de CO₂ par an est possible moyennant un coût marginal de réduction se situant à 50 euros par tonne

D'énormes réductions sont possibles moyennant un coût de réduction très faible voire négatif.

Le pessimisme sur le plan technologique nécessite une valeur du carbone de 100 dollars, soit le double de la valeur du carbone dans le scénario optimiste sur le plan technologique.

Pour réaliser l'objectif de stabilisation, le montant total des investissements supplémentaires est de 17 000 milliards de dollars, soit, chaque année, 0,4% du PIB mondial.

de CO₂. De cette manière, le monde rattrape l'objectif de stabilisation des scénarios ACT. Des réductions supplémentaires sont possibles à un prix plus élevé. À la figure 2-1, la constatation la plus frappante est cependant le fait que d'énormes réductions sont possibles moyennant un coût de réduction très faible voire négatif. En 2050, il est possible d'éviter environ 12 gigatonnes de CO₂ par an moyennant un coût de réduction négatif. L'AIE part du principe que ces mesures doivent de toute façon être prises, également dans le scénario tablant sur le *statu quo*. Il s'agit ici surtout d'investissements efficaces, le coût du capital étant plus que récupéré grâce aux épargnes de carburant possibles au cours des années ultérieures. Une fois que le potentiel d'efficacité le meilleur marché est épuisé, des mesures plus onéreuses sont nécessaires dans d'autres secteurs, mais il ressort tout de même de la figure que, dans le scénario ACT, la part relative des efforts de réduction reste relativement limitée, avec un coût se situant par exemple entre 40 et 50 dollars par tonne. Environ 80% des mesures mises en œuvre dans le scénario ACT sont bien, voire nettement meilleur marché.

À la figure 2-1, l'AIE elle-même fait une nette distinction entre l'optimisme et le pessimisme technologique concernant la réalisation des objectifs dans le scénario ACT. Le pessimisme technologique nécessite une valeur du carbone de 100 dollars pour stabiliser les émissions d'ici à 2050. C'est le double de la valeur du carbone se situant à 50 dollars en cas d'optimisme technologique, et cette valeur peu élevée est au centre de la communication de l'AIE, entre autres dans le résumé de *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*.

Pour réaliser un objectif très ambitieux en matière de réduction, par exemple 48 gigatonnes de CO₂, la différence de coût marginal de réduction entre l'optimisme et le pessimisme technologique atteint 300 dollars.

ACT : COÛT SUPPLÉMENTAIRE D'INVESTISSEMENT

Dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, le coût total d'investissements supplémentaires par rapport au scénario tablant sur le *statu quo* d'ici à 2050 pour atteindre l'objectif du scénario ACT est estimé à 17 000 milliards de dollars, soit environ 400 milliards de dollars par an, ce qui équivaut à peu près au produit intérieur brut (PIB) des Pays-Bas ou à 0,4% du PIB mondial chaque année d'ici à 2050. Cette estimation des investissements supplémentaires dans le système énergétique est la plus optimiste parce que le modèle suppose que ce sont d'abord les efforts de réduction les moins chers

La réalisation de l'objectif du scénario ACT se rembourse, en termes nominaux ! Une politique climatique est donc « facilement » payable à condition que l'on exploite l'atout que représente l'efficacité des coûts.

dont on profite de manière optimale et que dans aucune des mesures prises le coût de réduction n'est supérieur à 50 dollars par tonne.

Ce coût d'investissement de 17 000 milliards de dollars doit être financé, mais il ne s'agit pas d'un coût net. Une grande partie de ces investissements permet justement de limiter les coûts ultérieurs des combustibles. Cela vaut tout d'abord pour les investissements dans les économies d'énergie et dans l'amélioration de l'efficacité. En partant de l'hypothèse des prix pour le pétrole – jusqu'à 65 dollars en 2050 – et pour d'autres combustibles fossiles, l'AIE conclut que, dans les scénarios ACT, la valeur nominale des combustibles fossiles épargnés est supérieure au coût d'investissement initial. Cela signifie que la réalisation de l'objectif du scénario ACT est auto-financée, en termes nominaux ! Une politique climatique est donc « facilement » payable à condition que l'on exploite l'atout que représente l'efficacité des coûts. Le coût total de la politique climatique est beaucoup plus élevé en absence de l'instrument des prix et en présence surtout d'objectifs pour des technologies de réduction qui sont onéreuses. Finalement, cela revient à ce que des technologies de réduction plus onéreuses soient financées par des améliorations d'efficacité bon marché.

Pour pouvoir correctement les comparer dans le temps, des flux d'argent futurs doivent être actualisés ou convertis en euros d'aujourd'hui. Même si les coûts des combustibles épargnés sont escomptés à 3% par les investissements dans le scénario ACT, la valeur actualisée dépasse le coût d'investissement supplémentaire. Avec un taux d'escompte de 10%, le coût d'investissement dépasse la valeur des économies d'énergie dans le scénario ACT. L'aspect « temps » est important dans l'histoire de la transition car, dans le modèle, nous commençons d'abord avec les mesures les moins chères, et les mesures plus onéreuses sont, en principe, reportées à la décennie suivante. En bref, la conclusion positive est que la stabilisation des émissions entre 2005 et 2050 selon les scénarios optimistes sur le plan technologique n'est pas nécessairement excessivement onéreuse.

COÛT D'OPPORTUNITÉ DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Les investissements dans l'énergie ont beau se rembourser eux-mêmes, les coûts d'opportunité peuvent être très importants.

Une remarque plus fondamentale concerne les coûts d'opportunité attachés aux investissements en énergie et qui se montent à 17 000 milliards de dollars. Une fois investi dans l'ensemble des systèmes énergétiques, ce montant (ou une partie) ne peut plus être investi dans d'autres projets utiles. Imaginons que la communauté mondiale, d'ici à 2050, puisse consacrer 10 000 milliards de dollars au renforcement et à l'élargissement

Nous devons toujours avoir conscience que chaque euro ou dollar ne peut être affecté qu'une seule fois et que, dans le monde, il y a des régions qui sont confrontées à plusieurs problèmes aigus.

des systèmes d'enseignement dans les pays moins développés. Sur le long terme, le rendement de ces investissements pourrait être beaucoup plus élevé que l'investissement initial. Les mêmes 10 000 milliards de dollars pourraient aussi être consacrés à des investissements dans les soins de santé, dans la distribution d'eau potable, dans la protection de la biodiversité, etc. Nous devons toujours avoir conscience que chaque euro ou dollar ne peut être affecté qu'une seule fois et que, dans le monde, il y a des régions qui sont confrontées à plusieurs problèmes aigus. Enfin, il n'est peut-être pas inutile de se poser la question de savoir s'il ne serait pas préférable de réserver une partie de ces 17 000 milliards de dollars destinés à l'objectif des scénarios ACT pour d'autres investissements dans les pays en développement. Dans ce cas, l'objectif de stabilisation des scénarios ACT ne sera pas atteint en 2050, mais le monde ne s'en portera peut-être pas plus mal. Les investissements dans le système de l'enseignement permettent justement d'accroître fortement les réserves mondiales en capital humain, ce qui, à long terme, permettra peut-être des opportunités nouvelles pour la réduction des émissions. Ce type de considération n'a bien sûr pas sa place dans les analyses portant sur les systèmes énergétiques. Mais la suggestion implicite que 17 000 milliards de dollars ne pourraient être investis que dans les systèmes énergétiques est et reste réductrice.

Il convient également de remarquer qu'à côté de ces 17 000 milliards de dollars pour l'objectif des scénarios ACT, d'autres investissements sont nécessaires dans le système énergétique. Une grande partie de la population mondiale n'a toujours pas accès à un réseau d'électricité. De nombreux actifs des systèmes actuels utilisant les énergies fossiles doivent, d'une manière ou d'une autre, être remplacés pour 2050. D'ailleurs, dans les scénarios ACT, la demande de combustibles fossiles augmentera de 12% d'ici à 2050, et, pour que ce soit possible, des investissements considérables seront de nouveau nécessaires.

BLUE : RÉDUCTION DE 50% DES ÉMISSIONS À L'HORIZON 2050

La réalisation de l'objectif d'une réduction de 50% des émissions exige une adaptation radicale et rapide de l'ensemble des systèmes énergétiques

Selon les scénarios BLUE de l'AIE, la réalisation de l'objectif d'une réduction de 50% des émissions exige une adaptation radicale et rapide de l'ensemble des systèmes énergétiques. On n'est pas vraiment surpris de voir que le coût des scénarios BLUE soit nettement plus élevé que celui des scénarios ACT. Parmi les hypothèses les plus optimistes à propos du développement et de l'utilisation des technologies de pointe,

Pour réaliser l'objectif de 50% de réduction du scénario BLUE, il faut que le coût marginal de réduction se situe à 500 dollars par tonne de CO₂.

L'objectif de 50% de réduction coûte 28 000 milliards de dollars en plus que l'objectif de stabilisation.

Le gros effort d'investissement du scénario BLUE entraînera une réorientation de l'économie mondiale mais pas nécessairement son ralentissement.

L'objectif des scénarios BLUE peut être atteint avec une valeur globale du carbone (ou coût marginal de réduction) se situant à 200 dollars par tonne de CO₂. Une valeur du carbone de 200 dollars par tonne de CO₂ est équivalente à une augmentation du prix du pétrole de 64 dollars le baril. Cela signifie que si le prix du pétrole est de 65 dollars en 2050, tous les acteurs économiques s'aligneront sur un coût réel d'utilisation de 129 dollars le baril. Si le développement et l'extension des technologies de pointe sont toutefois décevants, le coût marginal de réduction, d'après l'AIE, doit être fortement haussé jusqu'à 500 dollars par tonne de CO₂ (voir Fig.2-1). Ce n'est qu'ainsi qu'il devient intéressant d'investir, au cours des prochaines décennies, dans la technologie de réduction du CO₂ la plus onéreuse.

Dans les scénarios BLUE, les coûts marginaux de réduction, très élevés en 2050, doivent être clairement distingués du coût moyen de réduction du CO₂ d'ici à 2050. Tant dans les scénarios ACT que dans les scénarios BLUE, ce sont les options de réduction les meilleur marché dont on profite d'abord au maximum. Le coût moyen de réduction dans les scénarios BLUE – le coût total de réduction divisé par le nombre de tonnes de CO₂ évitées – se situe, selon l'AIE, entre 38 et 117 dollars, respectivement selon le scénario optimiste ou pessimiste sur le plan technologique. Une augmentation du coût moyen de 117 dollars revient à une augmentation réelle permanente du prix du pétrole d'environ 37 dollars par baril d'ici à 2050. Si elle n'est pas petite, cette augmentation n'est certainement pas fatale non plus.

Pour atteindre l'objectif de réduction de 50% des scénarios BLUE, l'AIE évalue un effort total d'investissements supplémentaires d'ici à 2050 à 45 000 milliards de dollars, ce qu'il faut bien sûr comparer avec le scénario tablant sur le *statu quo*. Ce montant est supérieur de 28 000 milliards de dollars par rapport aux 17 000 milliards de dollars prévus pour les scénarios ACT. 45 000 milliards de dollars d'ici à 2050 revient à 1100 milliards de dollars par an, soit un coût annuel d'investissements supplémentaires équivalent à 1,1% du PIB mondial. Ce gros effort d'investissement entraînera, d'ici à 2050, une réorientation de l'économie mondiale mais pas nécessairement son ralentissement. Le verdict final dépendra naturellement des implications de cette vague d'investissements au niveau de la productivité.

Ces 45 000 milliards de dollars correspondent entre autres à de nouvelles activités de recherche et développement, car une réduction ambitieuse suppose la mise en œuvre de technologies qui ne sont pas encore concurrentielles sur le marché, loin s'en faut. Le rendement des efforts en matière de recherche et développement est toujours incertain,

de sorte que le coût des scénarios BLUE est beaucoup plus spéculatif que dans les scénarios ACT.

Tout comme dans les scénarios ACT, le coût colossal des investissements des scénarios BLUE doit être comparé avec les économies de combustibles. Sans taux d'actualisation, ces économies de combustibles dépassent le montant des investissements supplémentaires dans les scénarios BLUE. Mais en appliquant un taux d'actualisation de 3%, le montant des investissements supplémentaires est supérieur aux économies de combustibles.

LES SCÉNARIOS BLUE ET ACT ET LE SECTEUR PRIVÉ

Seule une mobilisation massive du secteur privé pourrait mener à la réussite de la transition.

Les besoins d'investissements supplémentaires nécessaires dans les scénarios ACT (au minimum 17 000 milliards de dollars) et dans les scénarios BLUE (au minimum 45 000 milliards de dollars) sont tellement élevés que seule une mobilisation massive du secteur privé pourrait mener à la réussite de la transition. En plus de ces investissements effectués dans le domaine de la transition, l'ensemble des systèmes énergétiques doit aussi être encore alimenté avec les investissements pour le remplacement et l'extension. La question qui se pose est de savoir si le système énergétique peut vraiment inspirer une telle augmentation du capital d'investissement. De toute évidence, aucun gouvernement national ni aucun groupe de pays ne peut financer seul les investissements nécessaires dans les scénarios ACT et BLUE. Par conséquent, les gouvernements doivent aussi utiliser des mécanismes par lesquels des investissements privés sont consacrés au système énergétique, et il s'avère que le mécanisme le plus puissant est actuellement le mécanisme des prix. En tout cas, il est certain que la politique de transition sera la moins onéreuse si l'on fait une utilisation intelligente du mécanisme des prix, par exemple en généralisant la valeur du carbone. Les responsables politiques ont le choix entre deux possibilités : opter soit pour une politique ferme et efficace en termes de coûts par le biais des valeurs du carbone, soit pour une politique de subventionnement inefficace et impayable. Cette alternative est discutée plus loin dans la partie concernant les options stratégiques.

Les responsables politiques ont le choix entre deux possibilités : opter soit pour une politique ferme et efficace en termes de coûts par le biais des valeurs du carbone, soit pour une politique de subventionnement inefficace et impayable.

PROPOSITION

L'efficacité en termes de coûts doit occuper une place centrale dans la politique climatique en matière de transition. Seule l'efficacité des coûts garantit un coût d'investissements supplémentaires le moins élevé possible. Ce coût d'investissement est très élevé, même en cas de politique efficace en termes de coûts.

Quick win : Toutes les mesures relatives à la transition et au climat doivent être évaluées sur leur efficacité en termes de coûts. Il faut commencer immédiatement à mettre un terme aux mesures qui ne sont pas efficaces en termes de coûts pour que la facture finale de la transition n'augmente pas de manière excessive.

PROPOSITION

Il vaut mieux que la mise en application des valeurs du carbone se fasse de façon à ce que le prix final pour le consommateur et pour les industries soit relativement stable et prévisible. Une taxe variable avec un objectif de prix ne peut être envisagée ici.

Quick win : L'analyse du cycle de vie (ACV) d'une technologie relative à l'énergie permet de connaître son impact écologique total, depuis la phase de production jusqu'à la phase finale de recyclage. Une ACV de panneaux solaires montre, par exemple, que, pour la plupart des technologies, l'énergie nécessaire pour la production des panneaux est égale à la production d'électricité par ces panneaux pendant les cinq premières années après leur installation. Une ACV de la combustion de biomasse dans une centrale au charbon montre que la plus-value écologique de cette combustion est déterminée principalement par l'efficacité de la centrale utilisée. La combustion de biomasse dans une centrale qui n'est pas efficace n'offre guère de plus-value. Par conséquent, les discussions à propos des technologies relatives à l'énergie ne doivent pas tenir compte uniquement des réductions possibles de CO₂ mais aussi d'autres aspects.



02

LA RÉVOLUTION
TECHNOLOGIQUE :
TOUR D'HORIZON

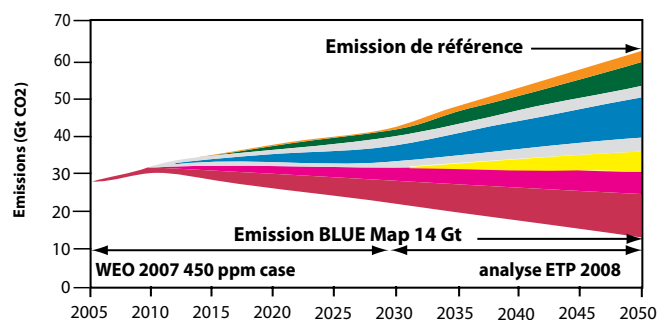


En matière de réduction de CO₂, ce sont les économies d'énergie et l'efficacité énergétique qui offrent le potentiel le plus important et le moins cher. La transition exige en outre l'utilisation du captage et stockage de CO₂, de l'énergie renouvelable et de l'énergie nucléaire.

Dans une politique de transition efficace en termes de coûts, la biomasse sera, en 2050, la première source d'énergie.

Comment les objectifs en matière de réduction seront-ils réalisés concrètement d'ici à 2050 ? En matière de réduction des émissions, le potentiel le plus important et le moins cher réside dans l'amélioration de l'efficacité énergétique chez l'utilisateur final. Ensuite viennent les mesures visant à décarboniser le système énergétique ou à le faire fonctionner avec moins d'émissions de CO₂ par unité d'énergie. Ceci est possible en combinant l'énergie renouvelable, l'énergie nucléaire et le captage et stockage de CO₂ pour les centrales fossiles.

Figure 2-2 : Trajectoires technologiques liées à l'objectif de BLUE (2005 - 2050)



copyright OECD/IEA, 2008

- CCS industry and transformation (9%)
- CCS power generation (10%)
- Nuclear (6%)
- Renewables
- Power generation efficiency and fuel switching (7%)
- End use fuel switching (11%)
- End use electricity efficiency (12%)
- End use fuel efficiency (24%)

SOURCE : COPYRIGHT OECD/IEA, 2008

Les options plus onéreuses viennent après. Citons le captage et stockage de CO₂ dans l'industrie et les carburants des moyens de transport alternatifs. Dans les scénarios ACT

Les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique sont responsables de 36 à 44% des réductions d'émissions dans les scénarios ACT et BLUE.

et BLUE, les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique sont responsables de 36 à 54% des réductions d'émission, ce qu'il convient de comparer avec le scénario tablant sur le *statu quo*. Le captage et stockage de CO₂ est responsable de 14 à 19% des réductions des émissions. Les technologies utilisant les énergies renouvelables sont responsables de 21% des réductions des émissions, et l'énergie nucléaire de 6%. La figure 2-2 montre la réduction à réaliser dans le scénario BLUE en tant que différence des émissions par rapport à la ligne de base, c'est-à-dire à politique inchangée. La figure présente l'importance relative des technologies et trajectoires technologiques visant à combler cette différence de 48 gigatonnes de CO₂ en 2050 (62 contre 14 gigatonnes en suivant respectivement le scénario tablant sur le *statu quo* et le scénario BLUE).

LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ EN 2050

Le secteur de l'électricité est une partie importante et flexible de l'ensemble des systèmes énergétiques. Les sources d'énergie fossile, l'uranium et l'énergie disponible dans la nature sont transformés en produit énergétique homogène prêt à la consommation. Dans chaque kWh produit, l'énergie existait déjà sous une autre forme.

L'importance de l'électricité peut se modifier fortement à l'avenir parce qu'un secteur comme celui du transport peut passer partiellement de l'utilisation des combustibles fossiles à l'électricité. Dans le secteur résidentiel également, l'électricité peut avoir du succès si les prix de l'énergie fossile recommencent à augmenter fortement.

Le tableau 2-1 illustre la production d'électricité en 2050 en suivant quelques-uns des différents scénarios élaborés par l'AIE. Le tableau montre aussi la part relative de chaque technologie dans la production totale, les émissions totales de CO₂ pour chaque scénario et les valeurs du carbone. Dans la partie précédente, nous avons déjà parlé des valeurs du carbone d'un montant de respectivement 50 et 200 dollars pour les scénarios ACT et BLUE avec captage et stockage du CO₂. En absence de captage et stockage du CO₂, les valeurs du carbone augmenteront fortement pour atteindre 76 ou 394 dollars dans l'objectif des scénarios respectivement ACT et BLUE. Par conséquent, le captage et stockage du CO₂ est crucial pour la politique climatique.

Le secteur du transport peut passer partiellement de l'utilisation des combustibles fossiles à l'électricité.

TABLEAU 2-1 : LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ DANS L'ACT ET LE BLUE

Production (TWh/an)	2005	Référence 2050	ACT Map	ACT sans CCS	BLUE Map	BLUE sans CCS
Energie nucléaire	2 771	3 884	7 336	7 336	9 857	9 857
Pétrole brut	1 186	1 572	882	832	133	123
Charbon	7 334	25 825	949	2 531	0	353
Charbon + CCS	0	3	4 872	0	5 468	0
Gaz	3 585	10 557	9 480	12 696	1 751	4 260
Gaz + CCS	0	83	1 962	0	5 458	0
Energie hydraulique	2 922	4 590	5 037	5 020	5 260	5 504
Biomasse et déchets	231	1 682	1 578	2 124	1 617	3 918
Biomasse + CCS	0	0	402	0	835	0
Géothermie	52	348	934	937	1 059	1 059
Energie éolienne	111	1 208	3 607	4 654	5 174	6 743
Energie marémotrice	1	10	111	111	413	2 0389
Energie solaire	3	167	2 319	2 565	4 754	5 297
Hydrogène	0	4	1	0	559	517
Total	18 196	49 934	39 471	38 807	42 340	40 021
Pourcentage (%)	2005	Référence 2050	ACT Map	ACT sans CCS	BLUE Map	BLUE sans CCS
Energie nucléaire	15	8	19	19	23	25
Pétrole brut	7	3	2	2	0	0
Charbon	40	52	2	7	0	1
Charbon + CCS	0	0	12	0	13	0
Gaz	20	21	24	33	4	11
Gaz + CCS	0	0	5	0	13	0
Energie hydraulique	16	9	13	13	12	14
Biomasse et déchets	1	3	4	5	4	10
Biomasse + CCS	0	0	1	0	2	0
Géothermie	0	1	2	2	3	3
Energie éolienne	1	2	9	12	12	17
Energie marémotrice	0	0	0	0	1	6
Energie solaire	0	0	6	7	11	13
Hydrogène	0	0	0	0	1	1
Total	100	100	100	100	100	100
Emissions de CO2 en 2050 (Gt CO2 par an)	27 (2005)	62	27	31.3	14	20.4
Coût de réduction marginal (\$/tonne CO2)			50	76	200	394

SOURCE : IEA (2008). ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES, P.85

Dans le scénario de référence, c'est-à-dire celui qui table sur le *statu quo*, la production d'électricité augmente d'environ 170% entre 2005 et 2050.

Dans le scénario de référence, la part du charbon augmente pour passer de 40% en 2005 à 52% en 2050.

Dans le scénario de référence, c'est-à-dire celui qui table sur le *statu quo*, la production d'électricité augmente d'environ 170% entre 2005 et 2050 (respectivement 18 196 TWh et 49 934 TWh). Au cours de la même période, les émissions de CO₂ augmentent de 130%, passant de 27 à 62 gigatonnes de CO₂. Pour rendre possible cette expansion du système électrique, d'énormes investissements sont nécessaires. Dans le scénario de référence, on investit fortement dans l'énergie renouvelable aussi longtemps que ces investissements sont récupérés dans un marché où il n'y a pas de prix pour les réductions de CO₂. Mais la production d'électricité à partir d'énergie fossile augmentant fortement, la part des technologies modernes utilisant les énergies renouvelables, notamment l'énergie éolienne et photovoltaïque, reste limitée en 2050.

Dans le scénario de référence, la part du charbon augmente pour passer de 40% en 2005 à 52% en 2050. On n'investit pas dans le captage et stockage du CO₂, et la production d'électricité à partir des centrales au charbon augmente fortement pour passer de 7 334 TWh en 2005 à 25 825 TWh en 2050, ce qui représente une augmentation de 250% en 45 ans.

La part du gaz augmente légèrement dans le scénario tablant sur le *statu quo*, passant de 20% en 2005 à 21% en 2050. Ensemble, le charbon et le gaz sont responsables de 73% de la production d'électricité. De ce fait, la part relative des autres sources d'énergie diminue, à l'exception de la biomasse et de l'éolien. La part de l'énergie nucléaire diminue fortement, passant de 15% en 2005 à 8% en 2050. La diminution relative est comparable pour l'électricité produite à partir de la force hydraulique : elle passe de 16% en 2005 à 9% en 2050.

Dans le scénario de référence, la production d'électricité à partir des éoliennes décuple entre 2005 et 2050, passant de 111 à 1 208 TWh par an. Au cours de la même période, la production d'électricité à partir de l'énergie solaire augmente aussi très fort, passant de 3 TWh en 2005 à 167 TWh en 2050. Mais cela ne suffit pas pour assurer ne fût-ce que 1% de la production totale dans le scénario de référence.

La tableau 2-1 illustre ensuite la production d'électricité dans deux scénarios ACT et dans deux scénarios BLUE²⁴. La production d'électricité, dans les deux scénarios ACT, est considérablement plus faible que dans le scénario de référence – jusqu'à 23% plus faible dans le scénario ACT sans captage et stockage du CO₂ –, mais est beaucoup plus élevée que la production en 2005. Dans les deux scénarios BLUE, la production d'électricité est également plus faible que dans le scénario de référence, mais plus élevée

²⁴ D'autres scénarios ACT et BLUE sont encore développés dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*.

Pour le secteur nucléaire, les scénarios ACT et BLUE proposent des perspectives positives à condition que le charbon disparaisse du secteur de l'électricité.

Celui qui a conscience des stocks de charbon disponibles dans des pays comme la Chine se pose la question de savoir à quel point ces scénarios d'avenir sans charbon sont vraiment représentatifs.

Les énergies renouvelables sont relativement importantes dans les scénarios ACT et BLUE à condition que le monde n'utilise pas de charbon sans captage et stockage du CO₂.

D'un point de vue global, l'énergie éolienne est surtout en concurrence avec le captage et stockage du CO₂ et pas tellement avec l'énergie nucléaire.

que dans les deux scénarios ACT. Dans le scénario BLUE Map, la production d'électricité en 2050 est même plus élevée de 7% que dans le scénario ACT Map. Ceci peut paraître paradoxal car, d'un point de vue écologique, le scénario BLUE est beaucoup plus ambitieux que le scénario ACT. Dans le scénario BLUE, l'importance de l'électricité dans la totalité des systèmes énergétiques augmente cependant au détriment de l'utilisation des combustibles fossiles dans l'industrie et le secteur du transport. En effet, les hybrides « plug-in » et les véhicules électriques n'utilisent pas ou que peu d'essence ou de diesel et font augmenter la demande en électricité (par comparaison à un parc automobile avec des moteurs à combustion classiques).

Pour le secteur nucléaire, les scénarios ACT et BLUE proposent des perspectives positives. À condition qu'il y ait une assise sociale pour des investissements dans l'énergie nucléaire, la part relative de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité augmente de 15% en 2005 à respectivement 19% et 23 à 25% dans les scénarios ACT et BLUE en 2050. Ainsi, de toutes les technologies de production dans les scénarios BLUE, c'est le secteur nucléaire qui réalise la part relative la plus importante. Cela revient à une production électronucléaire entre 7 336 et 9 857 TWh en 2050. Le tableau montre aussi que l'expansion nucléaire ne se produit que si le charbon comme matière première disparaît du secteur de l'électricité. Dans les scénarios avec captage et stockage du CO₂, le charbon représente encore 12 à 13%, ce qui, en 2050, revient à une production d'électricité sous le niveau de 2005. Celui qui a conscience des stocks de charbon disponibles dans des pays comme la Chine se pose certainement la question de savoir à quel point ces scénarios sont vraiment représentatifs. Diminuer ou non la capacité du charbon intéresse aussi d'autres secteurs. Globalement, les énergies renouvelables sont relativement importantes dans les scénarios ACT et BLUE à condition que le monde n'utilise pas de charbon sans captage et stockage du CO₂. L'énergie nucléaire ne fait pas concurrence à l'énergie renouvelable. L'énergie nucléaire et l'énergie renouvelable font, ensemble, concurrence au charbon et surtout au captage et stockage du CO₂.

Dans le scénario BLUE sans captage et stockage du CO₂, l'énergie éolienne est responsable de 17% d'une production de 6 743 TWh. On en déduit de nouveau que, d'un point de vue global, l'énergie éolienne est surtout en concurrence avec le captage et stockage du CO₂ et pas tellement avec l'énergie nucléaire.

L'AIE prévoit pour 2050 que la part des technologies relatives à l'énergie renouvelable dans la production d'électricité va augmenter entre 18 et 35% dans les scénarios ACT

En 2050, la part des technologies utilisant des énergies renouvelables dans la production d'électricité va augmenter entre 18% et 35% dans les scénarios ACT et jusqu'à 46% dans les scénarios BLUE.

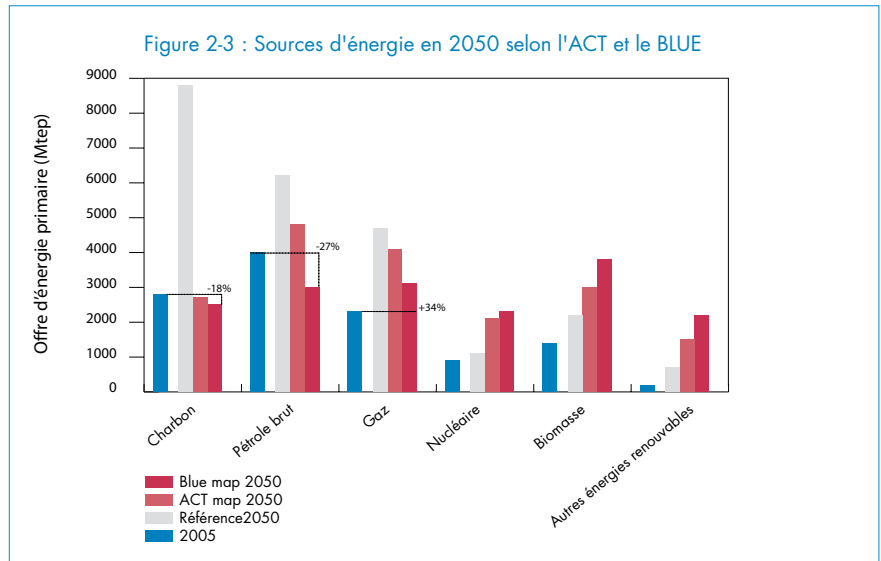
Dans le scénario BLUE Map, la variable production renouvelable d'électricité – surtout l'énergie éolienne et l'énergie solaire – va produire environ 20% de l'électricité totale. Les réseaux d'électricité doivent être préparés à cette variabilité.

et jusqu'à 46% dans les scénarios BLUE. La grande part des centrales hydrauliques est reprise dans ces chiffres. Ainsi, les technologies relatives à l'énergie renouvelable représentent en 2050 presque deux fois plus que l'énergie nucléaire. Le charbon et le gaz sont responsables de 12 à 30% de la production totale d'électricité. Le contraste avec le scénario de référence est donc énorme.

Dans le scénario BLUE Map, la variable production renouvelable d'électricité – surtout l'énergie éolienne et l'énergie solaire – va produire environ 20% de l'électricité totale. Les réseaux d'électricité doivent être préparés à cette variabilité. Il faut également investir dans une installation de secours et de stockage pour les périodes sans vent et sans soleil avec demande élevée en électricité. L'AIE prévoit qu'en 2050, une capacité de gaz d'environ 1000 gigawatts sera mise en réserve comme matériel de secours. Pour le moment, le secours est surtout prévu par d'anciennes centrales à gaz dont la durée de vie est allongée pour éviter d'autres investissements dans du matériel de secours. D'ici à 2050, un nombre important de nouvelles centrales devra être construit comme source d'alimentation de secours.

LE MONDE REVIENT À LA BIOMASSE...

Avec les scénarios ACT et BLUE, les émissions de gaz à effet de serre seront stabilisées ou réduites de moitié en 2050. Cela signifie-t-il que le système utilisant des énergies fossiles laisse la place à un système utilisant une autre énergie, plus onéreuse, et que l'éolien et le solaire remplacent notre dépendance au pétrole ? La figure 2-3 montre l'évolution de l'importance de chaque source d'énergie dans différents scénarios. Les petites lignes bleues à gauche présentent l'importance de chaque source d'énergie en 2005, exprimée en millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep).



SOURCE : COPYRIGHT OECD/IEA, 2008

Selon le scénario tablant sur le *statu quo*, en 2050, le charbon sera beaucoup plus important que le pétrole et le gaz. Dans les scénarios ACT et BLUE, la part de charbon diminue de nouveau très fort, et les énormes stocks ne sont pas utilisés. On peut s'interroger sérieusement sur cette vision.

Dans le scénario tablant sur le *statu quo* (les lignes grises dans la figure), l'importance des combustibles fossiles augmente très fort dans l'ensemble des systèmes énergétiques. En 2050, le charbon est beaucoup plus important que le pétrole et le gaz. Dans ce scénario, on assiste également à l'augmentation de la production primaire à partir d'énergie nucléaire, de biomasse et d'autres sources d'énergie renouvelable (parmi lesquelles l'hydraulique) par rapport à la situation de départ en 2005. En 2005, la biomasse, total des combustibles végétaux, est d'ailleurs déjà nettement plus importante que l'énergie nucléaire et donne une production d'énergie primaire équivalente à la moitié de l'énergie provenant du gaz naturel.

Par rapport au scénario tablant sur le *statu quo*, l'importance du charbon diminue fortement tant dans les scénarios ACT que dans les scénarios BLUE. Par rapport au niveau de 2005, les scénarios ACT assurent une stabilisation de la production d'énergie primaire à partir du charbon. Dans les scénarios BLUE, la production d'énergie à partir du charbon diminue de 18% par rapport à la production de 2005. Dans ce scénario, le charbon est environ aussi important que l'énergie nucléaire et moins important que la biomasse. Dans les scénarios BLUE, l'utilisation du charbon s'accompagne donc

Dans les scénarios BLUE, l'énergie fossile dominante est le gaz. C'est cependant la biomasse qui devient la principale source d'énergie.

Le retour de la biomasse dans les scénarios BLUE contraste avec les visions en vogue où l'énergie éolienne et l'énergie solaire domineraient assez vite le système énergétique.

aussi du captage et stockage du CO₂ de telle sorte que les émissions de CO₂ à partir du charbon disparaissent presque complètement de l'atmosphère. Cela signifie donc que dans les scénarios ACT et BLUE, les réserves mondiales de charbon ne sont que modérément entamées en 2050 et que la consommation existante de charbon, d'ici là, va de pair avec le captage et stockage de CO₂. Comme exposé plus haut, ceci peut être sérieusement remis en cause.

La figure 2-3 montre une évolution comparable pour le pétrole bien qu'ici, les différences entre les scénarios ACT et BLUE soient plus importantes. Dans les scénarios BLUE, la production d'énergie à partir du pétrole diminue de 27% par rapport à la situation de 2005, tandis qu'elle augmente dans le scénario ACT. Dans les scénarios BLUE, le gaz naturel est relativement plus important que l'énergie nucléaire, mais moins important que la biomasse. Parmi les énergies fossiles, c'est de toute façon le gaz qui prend la plus grande place. Même dans les scénarios BLUE, la production d'énergie à partir du gaz augmente de 34% par rapport à 2005. Par rapport au scénario tablant sur le *statu quo*, la production d'énergie à partir du gaz diminue de nouveau très fort. La production d'énergie à partir du gaz est à peu près la même dans le scénario ACT que dans celui tablant sur le *statu quo*.

Quoi qu'il en soit, en 2050, on utilise le combustible fossile de manière très parcimonieuse.

La figure 2-3 montre que, selon les scénarios BLUE, la biomasse est la principale source d'énergie en 2050. Ou mieux, la biomasse redevient la principale source d'énergie après une brève interruption due à la progression du charbon, du pétrole et du gaz naturel. Jusqu'en 1870, la biomasse a été la principale source d'énergie, place qui a ensuite été occupée par le charbon. Encore en 1850, la biomasse apportait même 85% de l'énergie primaire. Le retour de la biomasse dans les scénarios BLUE contraste avec les visions en vogue où l'énergie éolienne et l'énergie solaire domineraient assez vite le système énergétique. Pour cela, il faut cependant attendre jusqu'après 2050. Dans les scénarios BLUE, la biomasse est environ deux fois plus importante que l'ensemble de toutes les autres technologies utilisant les énergies renouvelables.

Dans les scénarios ACT également, la biomasse, en 2050, est plus importante que le charbon. La biomasse gagne aussi déjà beaucoup en importance dans le scénario tablant sur le *statu quo* – elle fait plus que doubler par rapport à 2005 –, et la différence avec les scénarios ACT ou BLUE semble plutôt mince. Néanmoins, il ne faut pas perdre de vue que, dans les scénarios BLUE, il faut tirer de la biomasse environ quatre fois plus

Nous évoluons vers un système énergétique où les parts relatives des différentes sources d'énergie convergent.

Dans les scénarios BLUE, la part des systèmes d'utilisation des énergies fossiles est d'environ 55%, ce qui est beaucoup moins qu'aujourd'hui. Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles maintiennent leur importance relative

d'énergie d'ici à 2050, ce qui représente déjà un défi en soi. Et, en 2050, la population mondiale sera de 8 à 9 milliards de personnes, ce qui signifie que la production de nourriture et de préparations fourragères devra être au moins deux fois plus importante. Il y aura donc une forte concurrence pour chaque mètre carré de terre pouvant servir à l'agriculture ou à des applications relatives à l'énergie.

Globalement, la figure 2-4 montre surtout une évolution vers un système énergétique où les parts relatives des différentes sources d'énergie convergent. Avec le scénario BLUE, toutes les sources d'énergie ont à peu près la même importance en 2050. Mais il y a une différence relativement importante entre la biomasse et les autres technologies utilisant les énergies renouvelables. La part des systèmes utilisant les énergies fossiles est d'environ 55% en 2050, ce qui est moins qu'aujourd'hui, mais l'importance relative est la même.

Les différences existantes que l'on peut observer dans l'importance relative des diverses sources d'énergie semblent donc se réduire fortement avec la transition énergétique. En cas de réussite de la transition énergétique – comme dans le scénario BLUE –, l'utilisation des combustibles fossiles en 2050 sera au moins deux fois plus faible que dans le scénario tablant sur le *statu quo*. Il ne fait pas de doute que cette économie permettra de reculer de quelques décennies l'épuisement des sources d'énergie fossile, situation qui promet d'être éprouvante.



PROPOSITION

Les responsables politiques doivent chercher à savoir si le potentiel existant pour les économies d'énergie et l'efficacité énergétique est bien utilisé de manière optimale. Ce potentiel doit ensuite être atteint d'une manière efficace en termes de coûts.

PROPOSITION

Il est pratiquement exclu de réaliser une réduction ambitieuse du CO₂ sans captage et stockage. Les entreprises qui veulent plus tard développer des affaires dans ce secteur doivent impérativement participer à des projets de captage et stockage du CO₂.

PROPOSITION

Une politique qui se fonde sur une sélectivité ou un favoritisme technologique – par exemple sans énergie nucléaire ou sans captage et stockage – ne permettra pas de réaliser les objectifs ambitieux en matière de réduction mondiale. Par conséquent, il est insensé d'élaborer à l'échelon national une politique qui, d'emblée, fait fi de certaines technologies.

03

CONCLUSIONS



Le montant élevé des investissements dans la transition énergétique nécessite la mobilisation du secteur privé par le truchement de mesures incitatives appropriées, telles que les valeurs du carbone. La mise en place généralisée de valeurs du carbone réduit au minimum le coût de la transition énergétique.

Tout exercice de modélisation accuse un certain nombre de limites. La transition énergétique va donc se dérouler plus difficilement que dans les projections de l'AIE.

Les analyses de l'AIE nous apprennent que la transition énergétique peut devenir une réalité.

Ces investissements dans la transition énergétique ne sont possibles qu'en cas d'implication généralisée des forces du marché. Le secteur privé devra investir sinon il n'y aura jamais de transition énergétique.

Les analyses de l'AIE nous apprennent que la transition énergétique peut devenir une réalité. Il n'est pas impossible qu'avec une politique climatique ambitieuse, les émissions de CO₂ soient réduites de moitié d'ici à 2050. L'AIE chiffre le coût minimal des investissements supplémentaires de la transition énergétique d'ici à 2050 entre 17 000 et 45 000 milliards de dollars selon l'objectif de réduction visé. Ces investissements ne sont possibles qu'en cas d'implication généralisée du marché. Le secteur privé devra investir sinon il n'y aura jamais de transition énergétique. Aucun pays – et le G8 non plus – ne peut lui-même libérer de manière exclusive ne fût-ce qu'un dixième de 45 000 dollars pour des investissements dans l'énergie d'ici à 2050.

Il ne faut pas confondre investissement et coût. L'AIE a calculé que la totalité des investissements dans la transition énergétique, en termes nominaux, seront plus que récupérés d'ici à 2050. En effet, il y a un potentiel énorme pour faire à bon compte des investissements dans l'efficacité qui conduisent à d'importantes économies de combustibles au cours des décennies suivant l'investissement. Même avec un taux d'escompte de 3%, les économies de combustibles sont plus importantes que les investissements de départ, dans les scénarios ACT. La transition énergétique semble donc l'évidence même...

Le travail de modélisation de l'AIE est très méritoire, mais l'enthousiasme pour toutes nos possibilités technologiques d'ici à 2050 fait oublier que la réalisation des scénarios ACT et BLUE est assortie de nombreuses conditions particulières.

Nous insisterons sur cinq points prioritaires :

1. Le modèle suppose la mise en œuvre d'une politique de transition globale d'ici à 2050 (ce qui suppose la traduction des intentions verbales en mesures radicales) ;
2. Le modèle se base sur la mise en place généralisée de valeurs du carbone optimales ;
3. Le modèle ne connaît pas de manque de fonds, et le monde dans lequel travaillent les investisseurs communique des informations exactes ;
4. Le modèle suppose que la dynamique économique ne soit pas influencée par les valeurs du carbone ni par les recettes fiscales qui en proviennent ;
5. Le modèle suppose que toute décision touchant à l'énergie soit prise conformément à une finalité en matière de CO₂ et que les autres aspects de l'utilisation de l'énergie ne soient pas mis assez en relief.

À quelles conditions des pays comme la Chine et l'Inde et aussi les États-Unis sont-ils prêts à renoncer à utiliser le charbon ?

Devant les pays récalcitrants ou hésitants, une solution pour les faire changer d'avis est d'utiliser comme monnaie d'appoint les recettes fiscales provenant des valeurs du carbone.

La Chine est heureusement un pays qui mène une stratégie visant le long terme en matière de politique industrielle.

1. Actuellement, certains pays mènent une politique de transition à l'échelon domestique qui tient surtout compte des caractéristiques nationales. Ce n'est pas par hasard que la Suède vise la bio-énergie. L'Allemagne cherche la transition plutôt dans l'ingénierie. Les choses se sont accélérées avec le niveau élevé des prix de l'énergie en 2007 et 2008, mais ceux-ci ont diminué en 2009, année qui connaît surtout une forte récession, et les perspectives d'avenir en sont fortement modifiées. La réussite de la transition selon les scénarios BLUE n'est possible qu'avec le captage et stockage du CO₂ et une forte restriction de l'utilisation du charbon. À quelles conditions des pays comme la Chine et l'Inde et aussi les États-Unis sont-ils prêts à renoncer à utiliser le charbon ? Entre-temps, de nouvelles centrales au charbon sont construites, et ce capital aura encore une grande valeur marchande en 2050. Quelle compensation faudra-t-il présenter à ceux qui détiennent ces capitaux pour qu'en 2050, ils ferment leurs installations qui n'ont pas prévu le captage et stockage du CO₂ ? Ce n'est bien sûr pas la tâche de l'AIE de répondre à ces questions de manière explicite dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*. Pourtant, il faudra bien un jour trouver une réponse. De ce point de vue, les scénarios tant ACT que BLUE se présentent comme particulièrement radicaux. Devant les pays récalcitrants ou hésitants, la seule option concrète pour les faire changer d'avis est d'utiliser comme monnaie d'appoint les recettes fiscales provenant des valeurs du carbone. Et, compte tenu des pertes de capitaux et des coûts d'opportunité auxquels il faut s'attendre lors du renoncement à investir encore dans le charbon, on pourra bien prévoir beaucoup de monnaie d'appoint. Sans cette construction, il n'y a aucune chance que se mette en place, d'ici à 2050, une politique de transition généralisée qui ait du poids. Cependant, si la monnaie d'appoint est abondante, il est possible qu'une politique de transition se mette en place. La Chine est heureusement un pays qui mène une stratégie visant le long terme en matière de politique industrielle. Et si l'Occident a l'obligance de financer l'amélioration du système énergétique chinois de telle sorte que les stocks de charbon de la Chine puissent être épargnés pour plus tard et que l'économie chinoise devienne encore plus compétitive, pourquoi pas ? Ce sont probablement surtout les entreprises occidentales qui lutteront contre cette construction. En effet, la politique de transition doit-elle favoriser encore plus la progression de l'Asie ?

Dans une approche pragmatique, les responsables politiques introduisent d'abord des valeurs du carbone peu élevées pour évaluer de manière constante la réaction du système économique à ces stimulations de prix.

Les valeurs du carbone entraînent une politique de transition efficace en termes de coûts. Dans une perspective de prospérité, c'est idéal, mais pour les lobbyistes, ce n'est pas ce qu'il y a de mieux.

2. Les perspectives des scénarios ACT et BLUE minimalisent le coût de la transition en introduisant les valeurs de carbone optimales. Ces dernières sont faciles à calculer au moyen d'un modèle par ordinateur où les prix de l'énergie évoluent de manière linéaire. La réalité, cependant, diffère fondamentalement des hypothèses des modèles, si bien que les valeurs du carbone qui ont été calculées ne sont probablement pas représentatives. En soi, ce n'est pas un drame. Dans une approche pragmatique, les responsables politiques introduisent d'abord des valeurs du carbone peu élevées pour évaluer de manière constante la réaction du système économique à ces stimulations de prix selon un processus de tâtonnement. Les valeurs du carbone sont alors augmentées de manière systématique pour arriver, d'ici à 2050, à l'objectif de réduction fixé. Dans le processus visant à inclure les pays qui n'ont pas ratifié le protocole de Kyoto, cette approche pose évidemment un problème car on ne connaît pas les valeurs de carbone qui seront effectivement introduites. Les modèles de l'AIE donnent comme valeurs du carbone des montants allant de 50 à 500 dollars, mais, dans la réalité, il s'agira probablement de montants beaucoup plus élevés. Beaucoup de pays peuvent être hésitants devant cette incertitude. Heureusement, les coûts de réduction moyens sont beaucoup plus faibles. Les discussions concernant les objectifs en matière de réduction des émissions n'engagent pas assez, et le coût des instruments nécessaires n'est pas précisé. Sans doute, les pays qui n'ont pas ratifié le protocole de Kyoto seront recrutés plus facilement pour un projet de transition dans lequel les valeurs du carbone sont déterminées et stables et donnent des recettes dont une grande partie s'écoule de l'Ouest vers l'Est et du Nord vers le Sud. Les valeurs du carbone entraînent une politique de transition efficace en termes de coûts, ce qui, dans une perspective de prospérité, est naturellement ce qui est recherché. Mais une politique de transition efficace en termes de coûts n'est pas pour réjouir tout le monde. Les acteurs économiques recherchent surtout le rendement privé de leurs investissements privés, et ceux qui proposent des technologies très coûteuses redoubleront d'efforts pour faire peser d'autres critères que l'efficacité en termes de coûts. De ce fait, la politique de transition sera évidemment considérablement plus coûteuse pour le reste de la société. C'est bien sûr une utopie que de s'attendre à ce que tous les pays se rangent derrière les valeurs du carbone et l'efficacité en termes de coût, mais, à terme, c'est ce qui devra se produire puisque le subventionnement des technologies onéreuses n'est pas réalisable. Il sera donc difficile d'atteindre le paysage énergétique des scénarios ACT et BLUE pour 2050.

Du fait de la récession de 2009 et de 2010, pratiquement tous les secteurs ont un problème de manque de fonds.

En l'absence d'informations exactes, un objectif ambitieux en matière de réduction peut s'avérer 40% plus coûteux.

D'autres exercices de modélisation suggèrent que les valeurs du carbone telles que dans le scénario BLUE peuvent diminuer le PIB mondial de 7% d'ici à 2050.

Si la croissance économique augmente grâce à la transition énergétique, le coût économique de la transition est inférieur à la différence calculée entre les investissements dans l'énergie et les économies en combustibles.

3. Les modèles de l'AIE fonctionnent avec des informations exactes pour tous les acteurs économiques et ne connaissent pas de manque de fonds. Il s'agit d'hypothèses évidentes pour un modèle technologique, mais ce n'est pas ainsi que les choses se passent dans la réalité. Du fait de la récession de 2009 et 2010, pratiquement tous les secteurs ont un problème de manque de fonds. Ainsi, la transition énergétique menace, d'une manière ou d'une autre, d'être retardée, que l'on soit ou non prêt à mettre en œuvre des valeurs du carbone. Si les informations ne sont pas exactes, la transition sera plus chère. La plupart des économistes qui s'emploient à estimer la valeur des informations exactes, disent qu'en l'absence d'informations exactes, un objectif ambitieux en matière de réduction peut s'avérer 40% plus cher. Ce travail de calcul est surtout indicatif, mais, dans le cas du scénario BLUE, un coût d'investissements supplémentaires de 40% revient à 18 000 milliards de dollars (soit l'équivalent des investissements supplémentaires nécessaires dans le scénario ACT).
4. Les valeurs du carbone et la transition ont un impact sur les prix des produits et services relatifs à l'énergie. L'AIE calcule cet impact, mais n'intègre pas son analyse dans un modèle économique global. Dans un tel modèle économique, il est possible de déterminer l'impact des prix de l'énergie sur l'activité économique. L'augmentation des prix de l'énergie provoque-t-elle un ralentissement ou une croissance de l'économie ? D'autres exercices de modélisation – par exemple par l'EPRI – suggèrent que les valeurs du carbone telles que dans le scénario BLUE peuvent diminuer le PIB mondial de 7% d'ici à 2050. Cela signifie qu'une partie de la croissance économique accumulée est sacrifiée à la politique climatique. Plus important encore, l'économie mondiale croît, tout compte fait, assez nettement entre 2005 et 2050, mais pas aussi fort qu'en l'absence de politique climatique. Si la croissance économique augmente grâce à la transition énergétique, le coût économique de la transition est inférieur à la différence calculée entre les investissements dans l'énergie et les économies en combustibles. D'après l'AIE, les dépenses annuelles en investissement dans les scénarios BLUE sont égales à environ 1,1% du PIB mondial d'ici à 2050. Au final, ce sera peut-être plus, mais ce peut aussi être moins... Il est facile de formuler les questions ; les réponses, elles, dépendent de nombreux facteurs. Entre 2004 et 2008, les prix des énergies fossiles ont augmenté considérablement voire brutalement, mais l'économie mondiale a continué à connaître une croissance de 4 à 5% par an. Dans le courant de l'été 2008, les prix de l'énergie ont vraiment fait mal, ce qui explique notamment la diminution encore jamais vue du nombre de kilomètres parcourus.

Un tel phénomène peut bien sûr se produire aussi à grande échelle d'ici à 2050 si les valeurs du carbone introduites dans l'économie mondiale sont très élevées. Si l'économie réelle connaît une décroissance en conséquence de la politique de transition, le coût de cette dernière sera plus élevé. Les dépenses d'investissement dans les scénarios ACT et BLUE placent donc le « coût » de la politique de transition dans une histoire de croissance économique continue, également avec des valeurs du carbone allant jusqu'à 500 dollars par tonne de CO₂.

5. La politique de transition implique le développement d'une stratégie sur le long terme, voire le très long terme. Les hommes politiques qui donnent corps à la mise en place de la transition par le biais du lancement des bons instruments du marché éprouvent des difficultés à être appréciés par les électeurs. C'est ainsi du moins qu'on le perçoit. Les responsables politiques qui étudient les rapports de l'AIE dans le détail ne doivent finalement pas faire grand chose de plus que d'introduire des valeurs du carbone dans l'économie. Les valeurs du carbone préparent la tâche sur le long terme, et les responsables politiques doivent faire en sorte que les recettes fiscales générées reçoivent la meilleure affectation possible. Si une partie des recettes fiscales peut être affectée à des projets utiles avec une visibilité suffisante, tout le monde sera content. Le grand avantage de l'instrument des prix est la stabilité offerte. Les taxes en matière d'énergie sont introduites et demeurent alors longtemps. Beaucoup de gens oublient ensuite la raison initiale de l'introduction des taxes. Les valeurs du carbone peuvent, elles aussi, connaître cette évolution. Il faut que quelqu'un prenne l'initiative, mais une fois qu'elles sont là, elles y sont pour un bon moment, et, pendant ce temps, le monde continue de tourner. Un instrument du marché qui soit stable et qui génère des recettes fiscales peut, à terme, avoir plus d'importance que l'évolution des négociations portant sur le climat. Les discussions à propos d'objectifs que d'autres pays doivent poursuivre sont devenues inutiles.

Il est logique d'opter pour une orientation de la politique de transition axée entièrement sur les réductions de CO₂, mais une évolution sérieuse des technologies relatives à l'énergie demande évidemment une analyse plus complète. Chaque technologie a ses avantages et ses désavantages. Les choix technologiques ont des conséquences à long terme car, dans le secteur de l'énergie, le capital est souvent utilisé cinquante ans, voire cent ans. Il vaut mieux que des choix technologiques stratégiques débutent par une analyse complète du cycle de vie (ACV) reprenant d'autres paramètres en plus des réductions de CO₂. Dans les scénarios BLUE, la

Le grand avantage de l'instrument des prix est la stabilité offerte.

Les discussions à propos d'objectifs que d'autres pays doivent poursuivre sont devenues inutiles.

Il vaut mieux que des choix technologiques stratégiques débutent par une analyse complète du cycle de vie (ACV) reprenant d'autres paramètres en plus des réductions de CO₂.

biomasse est la première source d'énergie en 2050. Ce résultat est la conséquence de la politique menée en matière de réduction de CO₂, politique dans laquelle il n'est que faiblement fait mention des désavantages de l'adoption massive de la biomasse. Ces désavantages possibles, notamment en matière de biodiversité et d'autres émissions que le CO₂, vont apparaître systématiquement d'ici à 2050, entraînant une modification importante du parcours global de la biomasse par rapport aux prédictions faites dans les scénarios BLUE.



PARTIE 3

**RENOUVELABLE,
FOSSILE OU SURTOUT
EFFICACE ?**

01

INTRODUCTION



L'énergie renouvelable présente un potentiel énorme, même à court terme. Le développement futur de la capacité renouvelable dépendra surtout de la victoire sur les barrières non économiques et de l'intégration dans les réseaux et systèmes existants.

Dans une politique de transition efficace en termes de coûts, ce sont surtout l'énergie hydraulique, le biogaz et l'énergie éolienne qui vont connaître une forte expansion. Comme la plupart des sources d'énergie renouvelable présentent quelques limites intrinsèques – densité d'énergie, stockage d'énergie et facteurs de capacité peu élevés –, la seule option pour l'avenir consiste en un système énergétique diversifié comportant des composantes fossiles.

Étant donné la faible efficacité actuelle du parc « fossile », il existe aussi de nombreuses options de réduction du CO₂ relativement bon marché parmi les systèmes d'utilisation des énergies fossiles. Seuls les investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique offrent des options de réduction du CO₂ meilleur marché. L'organisation de la concurrence entre les différentes options de réduction du CO₂ garantit une transition énergétique au meilleur coût.

Dans le scénario BLUE établi par l'AIE, c'est presque 50% du total de la production d'électricité qui est produite à partir d'énergies renouvelables à l'horizon 2050.

Il est permis de se demander si l'inefficacité des systèmes actuels d'utilisation des énergies fossiles va confirmer la domination du carbone.

Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles sont dominants, mais ne paralysent pas le marché. L'énergie renouvelable prend de plus en plus d'importance et aura un rôle déterminant dans les scénarios de transition à l'horizon 2050. En 2009, l'énergie renouvelable représente 21% du total de la production d'électricité, près de 5% du total de la demande de chaleur et un peu plus de 1% de l'offre des combustibles pour le transport. D'après les prévisions, ces parts vont s'accroître. Dans le scénario BLUE établi par l'AIE, c'est même presque 50% du total de la production d'électricité qui sera produite à partir d'énergies renouvelables à l'horizon 2050.

Les technologies modernes utilisant des énergies renouvelables sont confrontées à des barrières importantes, et une aide est donc nécessaire. Sans ce soutien, leur diffusion sera décevante. Cette troisième partie se penche sur les différentes barrières auxquelles sont confrontés les systèmes d'utilisation des énergies alternatives. Elle traite également du potentiel disponible pour les technologies utilisant des énergies renouvelables et s'interroge sur l'utilisation limitée de ce potentiel. Pour les technologies les plus importantes en matière d'énergies renouvelables, nous examinons le lien entre utilisation du potentiel disponible et subsides à la production. Cette analyse se base sur le rapport publié par l'AIE en 2008 sous le titre *Deploying Renewables*. Dans quelle mesure les conclusions de ce rapport rejoignent-elles les résultats donnés par *Energy Technology Perspectives* ? Ce chapitre se penche aussi sur la forte dominance des systèmes d'utilisation des énergies fossiles (autrement dit du carbone), toutes les institutions ne cessant de confirmer et de renforcer cette dominance. En vue de la transition, quels enseignements pouvons-nous tirer de la littérature sur les systèmes dominants, en particulier s'ils sont peu efficaces (pensons à l'économie du clavier QWERTY) ? Le chapitre se termine sur la question suivante : l'inefficacité des systèmes actuels d'utilisation des énergies fossiles va-t-elle confirmer la domination du carbone ? Quelles pourraient en être les conséquences sur le déploiement des technologies utilisant des énergies renouvelables ? Pour y répondre, nous partons du point de vue de l'efficacité en termes de coûts sur la base du coût par tonne de CO₂ évitée.

02

LA COMPARAISON DE DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES



L'existence de subsides et de coûts externes rend difficile la comparaison transparente des technologies utilisant des énergies. Les comparaisons les plus représentatives arrivent à la conclusion que les technologies utilisant des énergies renouvelables sont déjà relativement concurrentielles sur le marché lorsque les prix de l'électricité sont élevés. Mais si les prix de l'électricité sont peu élevés, la plupart des technologies utilisant des énergies renouvelables ont besoin de subsides à la production.

Actuellement, les subsides à la production paraissent nettement plus élevés qu'il n'est requis pour combler le fossé, en matière de coûts, par rapport aux technologies utilisant des énergies fossiles ou de l'énergie nucléaire. De ce fait, ceux qui investissent dans la capacité renouvelable peuvent réaliser des gains importants, certainement lorsque les prix de l'électricité sont élevés.

Les tarifs de rachat sont une aide financière fixe par kWh d'électricité verte produite.

Dans le meilleur des cas, les valeurs du carbone apportent donc un soutien indirect aux énergies renouvelables.

Une valeur du carbone sur le CO₂ peut se justifier comme mesure correctrice des coûts climatiques.

Les services relatifs aux énergies renouvelables sont le plus souvent plus chers que les services relatifs aux énergies fossiles, et cette différence de prix motive un soutien par des mécanismes tels que les subsides à la production ou les quotas de production. Quelques pays européens font déjà depuis trente ans l'expérience de différents mécanismes de soutien. Dans la plupart des pays riches, le niveau des subsides à la production a fortement augmenté, certainement au cours des dix dernières années. Les mécanismes de subvention les plus importants pour l'électricité verte sont les tarifs de rachat et les systèmes des certificats d'électricité verte. Les tarifs de rachat sont une aide financière fixe par kWh d'électricité verte produite. Le coût de ces subsides est répercuté dans le prix par kWh. Ainsi, l'utilisateur final paie la facture, et l'instrument ne coûte rien à l'État. Les gouvernements qui optent pour cet instrument de subvention doivent toujours attendre la réaction du marché. Mais s'ils veulent payer la production d'électricité verte eux-mêmes, il vaut mieux qu'ils optent pour des instruments quantitatifs, comme les quotas de production, négociables ou non.

Les valeurs du carbone ou taxes sur les émissions de CO₂, en augmentant le prix des énergies fossiles, améliorent la position concurrentielle tant des énergies renouvelables que des investissements dans les économies d'énergie. Les valeurs du carbone apportent donc un soutien indirect aux énergies renouvelables, ce qui explique pourquoi des lobbyistes préfèrent de l'argent direct par le biais de subsides à la production.

COÛTS EXTERNES

L'utilisation des services relatifs aux énergies fossiles est relativement bon marché parce que bon nombre de coûts réels de l'utilisation des énergies fossiles ne sont pas repris dans les prix finaux de consommation ou ne le sont qu'en partie. Il s'agit des coûts dits « externes » qui, effectivement, sont « non compris dans le prix ». Si les coûts externes entraînent des pertes en termes de bien-être, par exemple par la pollution, les pouvoirs publics se doivent d'intervenir pour procéder à une correction de la situation. C'est possible par le biais de l'introduction d'une taxe sur la pollution environnementale, qui est répercutée dans le prix de consommation final. Ainsi, les acteurs du marché adoptent un comportement en fonction de prix qui tiennent compte du coût pour l'environnement. En principe, une valeur du carbone sur le CO₂ peut se justifier comme mesure correctrice des coûts climatiques.

Quel est le coût externe exact par kWh d'électricité produite dans une centrale au charbon ou par litre d'essence ?

Dans une économie, il y a heureusement aussi des effets externes positifs, tels que des retombées en cas d'investissements dans la technologie, les infrastructures, l'enseignement, la sécurité sociale, etc. Ainsi, prévoir une bonne infrastructure fiable peut, à terme, mobiliser beaucoup d'investissements privés ayant d'importantes retombées positives. En cas d'effets externes positifs, il y a habituellement une sous-offre de biens publics de telle sorte que la bonne réponse stratégique consiste à prévoir plus de biens publics qui produiront ces effets externes positifs.

Il n'est pas toujours possible de calculer avec précision les coûts externes exacts pour chaque source d'énergie. En effet, quel est le coût externe exact par kWh d'électricité produite dans une centrale au charbon ou par litre d'essence ? Ainsi par exemple, le coût des guerres du Golfe doit, d'une manière ou d'une autre, être répercuté dans le prix du baril de pétrole en raison de l'objectif militaire de protéger la production et les possibilités de transport du pétrole.

La méthodologie de calcul des coûts environnementaux externes pour les énergies fossiles a beau constamment évoluer, les résultats sont surtout indicatifs. La transformation des coûts externes qui se manifesteront surtout dans le futur, tels que les coûts climatiques, reste un problème méthodologique persistant. Pour des raisons évidentes, les coûts climatiques – habituellement exprimés en tant que coût externe par tonne de CO₂ – ne peuvent être calculés aujourd'hui de manière précise.

SUBSIDES ÉNERGÉTIQUES

Sans subsides des pouvoirs publics, le marché ne proposerait vraisemblablement pas de technologie utilisant de l'énergie nucléaire aujourd'hui.

Par le passé, les systèmes d'utilisation des énergies fossiles ne pouvaient compter sur des subsides importants, pas plus pour le développement des technologies de conversion que pour l'exploitation et l'adduction des combustibles fossiles. Sans subsides des pouvoirs publics, le marché ne proposerait pas non plus de technologies utilisant de l'énergie nucléaire.

L'extension d'un système énergétique fiable était et reste une condition fondamentale du développement économique.

De plus, encore aujourd'hui, bon nombre de pays subventionnent certains volets de leurs systèmes énergétiques respectifs. L'Allemagne, ce pays qui, sur le plan écologique, est champion d'Europe, a d'ailleurs une longue et passionnante tradition de subsides considérables au secteur du charbon et de fortes taxes sur le charbon par kWh d'électricité. Ces subsides énergétiques passés et présents sont fréquemment mis à mal, mais il ne faut pas perdre de vue que l'extension d'un système énergétique fiable était et reste une condition fondamentale du développement économique. Pour accélérer cette

Les nombreux milliards versés comme subsides pour les technologies actuelles utilisant des énergies sont déjà plus que remboursés.

Il est difficile de comparer les données relatives au prix des technologies utilisant des énergies fossiles, d'un côté, et à celles utilisant les énergies non fossiles, de l'autre côté.

extension par la mobilisation de capitaux privés, les gouvernements ont joué avec succès un rôle très actif, et ce à un coût de subvention élevé. Entre 1945 et 1980, les pouvoirs publics, en investissant principalement dans les technologies utilisant des énergies fossiles ou de l'énergie nucléaire, n'avaient pas pour but explicite d'exclure du marché les autres technologies utilisant des énergies, telles que des énergies renouvelables. Mais, naturellement, le fait d'avoir stimulé l'efficacité des systèmes d'utilisation des énergies fossiles a entraîné par la suite la présence réelle d'une barrière de marché pour les technologies alternatives. Cependant, ce n'est en soi pas une évolution dramatique. On oublie souvent que, depuis 1945, les systèmes d'utilisation des énergies fossiles ont représenté un stimulant encore jamais vu pour la dynamique de notre économie et ont ainsi, du point de vue de la société, déjà plus que remboursé les nombreux milliards versés comme subsides. Autrement dit, les avantages externes ne peuvent être générés simplement comme cela.

Il va sans dire que l'évolution du système énergétique ne doit pas mener à un mécanisme pouvant exclure des marchés les nouveautés en puissance. Le marché de l'énergie doit toujours rester accessible à de nouveaux acteurs et à de nouvelles technologies. La stagnation et une force commerciale trop puissante conduisent toujours à des pertes sur le plan social.

Il est vrai que l'histoire des subsides est une réalité, et il reste difficile de comparer des données concernant les technologies utilisant des énergies fossiles, d'un côté, et celles qui utilisent les énergies non fossiles, de l'autre côté. Toute classification des technologies les meilleur marché dans le domaine de l'énergie peut être en grande partie conduite en fonction des postulats appliqués en matière de coûts externes et de subsides dissimulés. Toutefois, cet exercice doit se faire dans le but de pouvoir évaluer les propos sur la compétitivité du marché des énergies renouvelables.

MONTANT DES INVESTISSEMENTS ET COÛTS DE PRODUCTION

Pour passer en revue les barrières économiques qui entravent l'accès des énergies renouvelables au marché, le tableau 3-1 donne un aperçu du montant des investissements et des coûts de production des technologies utilisant des énergies renouvelables pour la production d'électricité. L'électricité est un produit homogène largement commercialisé sur les marchés nationaux et internationaux. D'autres produits énergétiques renouvelables, tels que la chaleur et les biocarburants, sont plus difficiles

à comparer – les marchés de la chaleur sont pour la plupart organisés de manière très locale, et il existe une grande variété de biocarburants –, ce qui fait que la comparaison avec les solutions fossiles est moins transparente. Pour cette raison, la présente analyse se limite à la production d'électricité.

Le montant des investissements est classiquement exprimé en euros ou en dollars par kW de puissance installée ²⁵ ou la capacité de produire 1000 watts d'électricité, indépendamment de la durée de vie et de l'utilisation effective de ce capital. Que le capital de production soit utilisé pendant 20 ou 40 ans et le soit pendant 25% ou 90% du temps est donc sans importance. Le coût de production est exprimé en dollars par MWh produit. Le coût en capital par MWh est repris dans ce coût de production, de même que les coûts opérationnels et les coûts de maintenance, et bien sûr, les matières premières des centrales fossiles et des centrales nucléaires.

Les statistiques concernant les coûts de production de l'électricité sont très divergentes. Certains auteurs comptent même les coûts de production dans les subsides à la production, ce qui n'a bien sûr rien de transparent. Pour cette raison, on a choisi de ne citer que des chiffres publiés dans le rapport de l'AIE intitulé *Deploying Renewables*. Les chiffres du tableau 3-1 ne sont pas spécifiques aux différents pays ; il s'agit de coûts de production moyens.

Les statistiques concernant les coûts de production de l'électricité sont très divergentes.

TABLEAU 3-1 : COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DE PRODUCTION POUR LES TECHNOLOGIES À ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE

Technologies	Caractéristiques	Coût d'investissement (\$/kW)	Coût de production (\$/MWh)
Grande énergie hydraulique	10- 18 000 MW	1 000 – 5 500	30 –120
Petite énergie hydraulique	1 – 10 MW	2 500 – 7 000	60 – 140
Eolien onshore	1 – 3 MW	1 200 – 1 700	70 –140
Eolien offshore	1.5 – 5 MW	2 200 – 3 000	80 –120
Centrale de biomasse	10 – 100 MW	2 000 – 3 000	60 –190
Biomasse: co-combustion	5 – 100 MW	120- 1 200	20 – 50
Biomasse: gazéification	5 – 100 MW	4 300 – 6 200	-
Biogaz	200 kW – 10 MW	2 300 – 3 900	-
Energie des déchets	10 – 100 MW	6 500 – 8 500	-
Géothermie	5 – 50 MW	5 000 – 15 000	150 – 300
Solaire PV	1 – 10 MW / 1 – 5 kWp	5 000 – 6 500	200 – 800
CSP	20 – 500 MW	4 000 – 9 000	130 -230
Energie marémotrice	Démo jusqu'à 300 kW	7 000 – 10 000	150 - 200

SOURCE: IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES, BLZ.80-81

²⁵ Dans ce chapitre, nous nous alignons sur l'habitude internationale qui est d'exprimer ces montants en dollars.

En 2008, le prix de l'électricité a fréquemment été supérieur à 120 euros par MWh dans les marchés les plus importants.

Avant d'examiner les informations données au tableau 3-1, il convient de faire un commentaire à propos du cadre de référence. Le prix de l'électricité produite à partir d'énergie fossile ou d'énergie nucléaire varie d'un pays à l'autre. Pendant la période 2007-2008, le prix par MWh baseload se situait très généralement entre 40 et 80 euros ou dollars par MWh. Aux moments de pointe, on paie toujours un prix plus élevé, et cette évolution du prix peut être influencée par des facteurs locaux très spécifiques. En 2008, le prix de l'électricité a fréquemment été supérieur à 120 euros par MWh dans les marchés les plus importants. Pour les comparaisons, la valeur de référence la plus souvent utilisée est le prix de l'électricité baseload.

Avec la récession, les prix de l'électricité ont fortement diminué au cours du premier semestre 2009. Au début de l'année 2009, sur bon nombre de marchés, il était possible d'acheter de l'électricité baseload pour moins de 30 euros par MWh. Cette situation pouvait en grande partie s'expliquer par la forte diminution des prix du gaz après les records de 2008.

En ce qui concerne les coûts en capital, il convient de comparer les projets en matière d'énergie renouvelable avec les centrales fossiles et nucléaires récentes. Ainsi, l'AIE prévoit un coût en capital de 600 à 750 dollars par kW pour les centrales à gaz à cycle combiné (*Natural Gas Combined Cycle*) les plus récentes. Pour les centrales au charbon habituelles, l'AIE prévoit un montant d'investissement entre 1400 et 2000 dollars par kW. Le montant des investissements pour les centrales nucléaires atteint habituellement 2500 dollars par kW, bien que, pour les récents projets en matière d'énergie nucléaire, le chiffre suggéré atteigne voire dépasse 3500 dollars par kW. Ces montants d'investissement sont nettement moins élevés que pour la plupart des technologies utilisant des énergies renouvelables, mais il faut encore y ajouter le coût des combustibles. Le coût de production est habituellement entre 50 et 60 dollars par MWh produit dans une centrale au charbon ; ce coût est composé du montant des investissements, soit entre 10 et 25 dollars par MWh, du coût opérationnel et de maintenance, soit environ 10 dollars par MWh, et du coût des combustibles, soit entre 10 et 30 dollars par MWh. Pour les centrales à gaz, le montant des investissements est relativement moins élevé, mais le coût des combustibles est, lui, beaucoup plus élevé.

Abstraction faite du montant des investissements à récupérer, les investisseurs doivent aussi tenir compte de la durée d'utilisation potentielle du capital d'investissement. Dans tous les pays, un grand nombre de centrales tant au charbon et à gaz qu'hydrauliques et nucléaires sont utilisées alors qu'elles sont amorties depuis longtemps. Le maintien en

Le maintien en activité de capitaux anciens dans le domaine de l'énergie a un coût d'opportunité en raison des rendements relativement faibles, mais encore suffisants, semble-t-il.

activité de capitaux anciens dans le domaine de l'énergie a un coût d'opportunité en raison des rendements relativement faibles, mais il semble que le rendement soit encore suffisamment élevé.

COÛT DE PRODUCTION ≠ PRIX

Le prix de l'électricité diffère souvent très fort du coût de production moyen. Pour les producteurs ayant développé leur capacité en énergie éolienne, le coût marginal est égal à zéro, et la vente, du moment que le prix est positif, leur apporte toujours un gain marginal. Un MWh produit par une centrale au charbon peut être vendu 15 dollars en rapportant un gain marginal, mais ce prix ne couvre bien sûr pas les coûts en capital. Le prix du marché peut donc provisoirement être beaucoup plus faible que le coût de production moyen, mais, sur la totalité du cycle du capital, il faut évidemment retrouver les coûts d'investissement et les coûts opérationnels de chaque technologie utilisatrice d'énergie.

La force commerciale relative des entreprises offrantes joue aussi un rôle dans l'établissement des prix. Sur deux marchés différents avec les mêmes prix du gaz, les kWh ne sont pas nécessairement tous vendus au même prix, même s'ils proviennent de la même centrale à gaz. Les marchés fort concentrés, tels que les marchés de monopole ou d'oligopole, permettent de réaliser d'importantes marges bénéficiaires. Investir dans une capacité supplémentaire d'importation et d'exportation augmente la concurrence sur les marchés nationaux et peut faire progresser dans la bonne direction.

Une position dominante sur les marchés doit toujours être distinguée d'un abus de position dominante. L'abus de position dominante sur un marché est interdit par les règles de l'Union européenne, mais la position dominante n'est pas un délit en soi. Le marché de l'électricité a évolué par étapes pour passer d'un marché régulé à un marché libéralisé. Ce sont les hommes politiques qui ont dessiné ce processus. Pourtant, ce sont les mêmes politiciens qui, régulièrement, se disent mécontents de la position dominante que des sociétés comme Electrabel en Belgique ou E.ON en Allemagne détiennent sur les marchés. C'est curieux, car il n'y a pas si longtemps que les politiques ont eu l'occasion d'adapter le processus de libéralisation... On pourrait se consoler en constatant que, du point de vue européen – et c'est la seule perspective correcte sur le marché de l'électricité –, Electrabel n'a pas du tout une position dominante.

L'abus de position dominante est interdit par les règles de l'Union européenne, mais une position dominante n'est pas un délit.

À LA RECHERCHE DU KWH LE MEILLEUR MARCHÉ

Les technologies utilisant des énergies renouvelables peuvent être évaluées sur la base des comparaisons des coûts avec les technologies utilisant des énergies fossiles ou de l'énergie nucléaire. En optant pour l'énergie renouvelable, nous pouvons, à terme, limiter tant notre dépendance vis-à-vis des énergies extérieures que l'impact écologique du système énergétique. Ces avantages ne peuvent pas être exprimés simplement en euros par MWh, mais ils jouent certainement un rôle dans l'évaluation du bouquet de technologies énergétiques optimal d'un point de vue stratégique.

Ceux qui proposent de l'électricité renouvelable en Europe, aux États-Unis et au Japon ont été très avantagés par le fait que le prix de l'électricité grise a augmenté jusqu'à 80 euros par MWh en 2008. Il ressort du tableau 3-1 que les meilleurs projets d'utilisation de l'énergie hydraulique (grands comme petits), de l'éolien et de la biomasse permettent déjà aujourd'hui de produire de l'électricité baseload dans la fourchette indicative de 40 à 80 euros ou dollars par MWh. La combustion de biomasse dans de bons projets permet de produire de l'électricité renouvelable concurrentielle lorsque l'électricité baseload est vendue à 30 euros par MWh ou moins. De ce fait, contrairement à ce qu'on pense le plus souvent, si un projet portant sur les énergies renouvelables est bon, les barrières économiques constituées par les coûts ne seront pas du tout infranchissables. Le retour attendu de la fourchette de prix de l'électricité baseload entre 40 et 80 euros ou dollars par MWh sur les marchés les plus importants fait que, dans les prochaines années, les bons projets en matière d'énergies renouvelables pourront de nouveau être compétitifs *sans subsides*. Par conséquent, on peut s'interroger sur la persistance de subsides à la production de ces technologies, subsides d'ailleurs relativement importants— par exemple 80 euros par MWh pour l'éolien terrestre. On peut aussi se demander pourquoi ces subsides augmentent. Ne devraient-ils pas plutôt diminuer ? L'électricité provenant des éoliennes est vendue au prix du marché, et le coût de production des meilleurs projets est inférieur aux subsides. Ou bien alors est-ce que le MWh est quand même différent selon qu'il est produit par une éolienne ou par une centrale fossile ?

Sur la base des coûts indicatifs donnés dans le tableau 3-1, on peut s'attendre à ce que les concepteurs de projet se soient déjà appropriés une partie importante du potentiel disponible, principalement en ce qui concerne la biomasse, l'énergie éolienne et l'énergie hydraulique. Car pourquoi hésiterait-on devant de bons projets, attractifs, qui, par essence, ont à peine besoin de subsides ?

Les meilleurs projets d'utilisation de l'énergie hydraulique (grands comme petits), de l'éolien et de la biomasse permettent déjà aujourd'hui de produire de l'électricité à des prix concurrentiels.

Pourquoi des technologies compétitives sur le plan des coûts se voient-elles accorder des subsides à la production plus élevés que le coût de production par MWh ?

L'énergie hydraulique et la biomasse dominent l'ensemble du paysage de l'énergie renouvelable pour des raisons économiques.

La combustion de biomasse dans des centrales au charbon est bon marché en raison du faible niveau des coûts en capital spécifiques à cette combustion.

Les technologies les plus récentes en matière d'énergies renouvelables, telles que le solaire, l'énergie solaire thermique (CSP, *Concentrating Solar Power*) et la géothermie, s'avèrent bien trop onéreuses pour, sans subsides, attirer des capitaux privés. La promotion de ces projets coûteux ne prend tout son sens que lorsque le potentiel a été mis à profit le mieux possible pour des projets relativement bon marché.

Une première conclusion que l'on peut tirer du tableau 3-1 est donc que les décideurs qui ont l'esprit logique doivent utiliser principalement des stimulants pour dès maintenant, exploiter massivement le potentiel le plus efficace en matière d'énergies renouvelables. Commercialement, ce potentiel est presque concurrentiel, de sorte que le coût de subvention est relativement limité. Ce n'est qu'ultérieurement que des stimulants plus chers peuvent être utilisés pour diffuser des technologies moins mûres.

Le tableau montre d'ailleurs clairement pourquoi l'énergie hydraulique et la biomasse dominent pour le moment l'ensemble du paysage de l'énergie renouvelable. Ces technologies permettent de produire de l'électricité à des conditions favorables, bien que le coût en capital des centrales hydrauliques soit élevé, ce qui, pour les capitaux privés, risque d'être dissuasif. Il faut en effet plusieurs dizaines d'années pour récupérer ces investissements en capitaux. Ceci explique pourquoi les centrales hydrauliques étaient surtout construites par des groupes publics ou semi-publics.

La combustion de biomasse dans des centrales au charbon est bon marché en raison du faible niveau des coûts en capital spécifiques à cette combustion. La matière première a naturellement un prix, contrairement au vent et au soleil, qui sont gratuits. En l'absence des centrales au charbon existantes, il n'est bien sûr pas question de combustion de biomasse. Les centrales biomasse autonomes sur la base de 100% de biomasse, avec ou sans gazéification, paraissent pour le moment encore être à très fort coefficient de capital, bien qu'ici, on puisse s'attendre à de fortes diminutions des coûts au cours des prochaines décennies. En raison du nombre limité de projets existants, l'AIE ne mentionne pas de coûts de production au tableau 3-1 pour ces technologies. La même remarque vaut aussi pour l'électricité produite par l'incinération des déchets. D'ailleurs, tout le monde ne trouve pas que l'incinération des déchets mérite une place parmi les technologies utilisant des énergies renouvelables.

Dans le tableau 3-1, les projets relatifs à l'éolien ont l'air très séduisants. Les coûts en capital ne sont pas excessifs, et de bons projets produisent de l'électricité pour à peine plus de 70 dollars par MWh. Dans la réalité, des microdonnées indiquent des coûts encore plus faibles pour les projets les meilleurs. Les meilleurs projets photovoltaïques

Il vaudrait mieux que les projets solaires soient réalisés dans les pays les plus ensoleillés puisque, autrement, on voit se creuser l'écart les séparant des meilleurs projets éoliens.

Toute comparaison portant sur les coûts transforme une réalité dynamique en une image statique.

et de captage et stockage du dioxyde de carbone produisent de l'électricité qui est respectivement trois fois et deux fois plus chère. Par conséquent, il est très étonnant que des pays disposant d'un bon potentiel en force éolienne prévoient quand même des subsides importants pour des projets solaires. Il serait plus logique que les projets solaires coûteux soient réalisés dans les pays les plus ensoleillés puisqu'autrement, on voit se creuser l'écart les séparant des meilleurs projets éoliens.

VARIABILITÉ DES COÛTS

Toute comparaison portant sur les coûts transforme une réalité dynamique en une image statique. Or les prix des combustibles fossiles, de l'uranium et de la biomasse fluctuent. Si les prix des matières premières sont élevés, la position relative des énergies renouvelables sur le plan des coûts s'en trouve mieux. Les coûts en capital et les coûts de maintenance peuvent diminuer ou augmenter, et ce autant pour les technologies utilisant des énergies renouvelables que pour les technologies utilisant des énergies fossiles ou de l'énergie nucléaire. Étant donné que les technologies utilisant des énergies renouvelables sont plus récentes, on s'attend à des réductions plus importantes de leurs coûts que dans le cas des technologies utilisant des énergies fossiles ou de l'énergie nucléaire. Mais on n'a pas de certitude.

PROPOSITION

Les subsides existants en matière d'énergie pour les différents secteurs économiques doivent être répertoriés pour que l'on ait une indication de la mesure dans laquelle les décisions en matière d'énergie sont « perturbées ». Quelle est la motivation (historique) expliquant les subsides en matière d'énergie ? Cette motivation est-elle encore pertinente ?

Quick win : La suppression des subsides à l'énergie qui sont la cause de perturbations est un bon début à la transition énergétique, et il s'agit d'une mesure peu coûteuse.

PROPOSITION

On peut envisager de faire évoluer les subsides à la production avec les prix de l'électricité car, lorsque les prix de l'électricité sont élevés, il est beaucoup moins nécessaire que les subsides à la production soient importants pour les technologies utilisant des énergies renouvelables. Plus les prix de l'électricité sont élevés, plus on peut diminuer les subsides à la production.

Quick win : La modulation des subsides à la production peut limiter le coût des mécanismes de subvention pour le consommateur final.

PROPOSITION

Il ne faut pas que les subsides à la production pour les technologies utilisant des énergies renouvelables soient élevés au point de provoquer la naissance de projets inefficaces.

PROPOSITION

Dans une politique de transition efficace en termes de coûts, avec une finalité en matière de CO₂, l'aide doit tenir compte non seulement de l'écart entre les prix quand on compare avec l'électricité grise, mais aussi des coûts attachés aux mesures de réduction du CO₂ pour chacune des technologies.



03

POTENTIEL & ATTRACTIVITÉ
DES COÛTS ≠ RÉALITÉ



Jusqu'à présent, les pays les plus riches n'ont mis à profit qu'une petite partie de leur potentiel disponible pour les projets relatifs aux énergies renouvelables. Selon l'AIE, 88% du potentiel disponible en Belgique ne serait toujours pas utilisé à l'horizon 2020. Pour l'Union européenne, ce chiffre est de 73%.

En Flandre, la production d'électricité renouvelable se fait essentiellement à partir de biomasse, de biogaz et de déchets.

Il ne suffit pas que les subsides à la production soient importants pour mobiliser massivement des investissements...

Pour lancer les secteurs des énergies renouvelables dans les pays les plus riches, d'importants subsides à la production suffisent-ils (voir détails infra) ? La réalité semble dire le contraire. C'est ce qui ressort de la comparaison entre la capacité actuelle installée des technologies utilisant des énergies renouvelables et le potentiel pour ces technologies à l'horizon 2020 dans les pays les plus importants. Il ne faut pas confondre ce potentiel national à l'horizon 2020 avec le potentiel théorique ou avec le potentiel technologique pour investir dans de telles technologies. Le potentiel théorique est déterminé par les caractéristiques géographiques locales, telles que la vitesse du vent et le nombre d'heures d'ensoleillement, mais nous ne pouvons bien sûr pas simplement mettre des éoliennes et des panneaux solaires partout. Le potentiel disponible à l'horizon 2020 tel que l'a calculé l'AIE part de la capacité actuelle installée²⁶ et suppose une augmentation rapide des investissements dans de nouvelles technologies efficaces utilisant des énergies renouvelables en raison des mesures sous-jacentes et de l'élimination des barrières non économiques. Ce calcul tient compte de trois facteurs : des profils statiques de coûts spécifiques aux pays pour les différentes technologies utilisant des énergies renouvelables²⁷ – sur la base de la vitesse du vent, du nombre d'heures d'ensoleillement, des dénivellations, etc. –, la diminution prévue des coûts d'investissements par effets d'apprentissage et économies d'échelles et l'histoire nationale récente en matière de diffusion des technologies (suivant une courbe en S). Le potentiel à l'horizon 2020, calculé par l'AIE, est le potentiel disponible total en technologies utilisant des énergies renouvelables, exprimé en TWh et repris dans le tableau 3-2.

²⁶ Dans un pays sans aucune expérience en matière d'énergie renouvelable, le développement du potentiel d'ici 2020 sera beaucoup moins important que dans un pays présentant les mêmes caractéristiques en ce qui concerne les zones d'ensoleillement, etc, mais qui investit déjà fortement depuis vingt ans dans la capacité renouvelable.

²⁷ On tient compte de la vitesse du vent, du nombre d'heures d'ensoleillement, de l'offre de biomasse locale, des différences de niveaux sur le cours de rivières, etc.

TABLEAU 3-2 : POTENTIEL RÉALISABLE TOTAL D'ÉNERGIE RENOUVELABLE À L'HORIZON 2020 (TWh)

Technologie	BE	DK	DE	FR	IT	NL	SP	SW	VK	EU 27
Biogaz	3,2	1,9	16,4	22,8	10,4	4,3	13,2	1,9	16,3	124
Biomasse	3,1	5,3	49,4	68,4	26,6	3,9	41,1	15,7	20,7	365
Déchets	1	1	4,8	6	4,9	2,4	5,7	1,5	4,1	40
Géothermie	0	0	0	0,2	7,3	0	0,1	0	0	9
Energie hydraulique	0,4	0	25,1	73,6	56,8	0,1	52,1	75,1	5,4	430
Panneaux solaires	1,6	1,4	15	16,3	10,2	3,3	14,1	3,5	11,9	92
Chaleur solaire	0	0	0	0	7,6	0	17,2	0	0	30
Energie marémotrice	0,2	2,6	7,7	13,2	3,2	1	13,2	3	58,9	125
Eolien onshore	4,3	8,7	53,3	56,4	28,6	5,6	39,3	9,8	28,5	300
Eolien offshore	3,6	10,8	76,8	29,9	2,4	19,8	14,4	13,6	67	260
Electricité renouvelable totale	17,4	31,7	248,6	286,8	158	40,5	210,5	124,1	212,8	1774
Combustibles Bio	3,6	12	42,7	68,5	28,4	4,1	51,2	11,4	25,4	416
Réchauffement solaire	9,6	5,4	77	68,7	70,4	14,9	39,3	9,4	56,1	454
Chaleur géothermique	13,1	9,4	88,3	49,4	57,4	14,1	15,0	11	53,7	407
Biomasse WKK	8,7	9,9	77,3	97,8	45,5	12,8	45,2	25,5	49,5	563
Chaleur renouvelable totale	31,5	24,7	242,6	215,9	173,3	41,9	99,5	45,8	159,3	1424

SOURCE: IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.67

Selon l'AIE, la Belgique disposera, à l'horizon 2020, d'un potentiel total de 17,4 TWh d'électricité renouvelable et de 31,5 TWh de chaleur renouvelable.

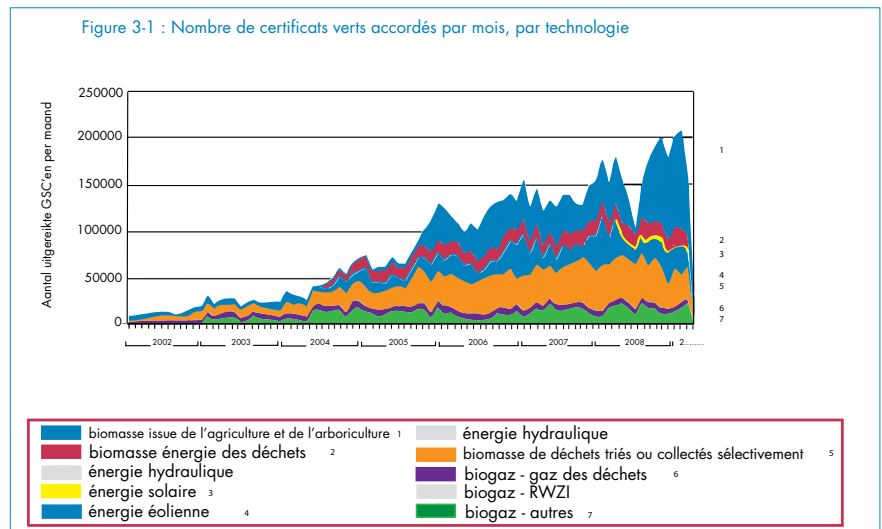
Selon l'AIE, la Belgique disposera, à l'horizon 2020, d'un potentiel total de 17,4 TWh d'électricité renouvelable et de 31,5 TWh de chaleur renouvelable. L'éolien apportera, d'ici à 2020, un potentiel total réalisable d'environ 8 TWh. Toujours selon l'AIE, le biogaz et la biomasse représentent ensemble 6,3 TWh, et les panneaux solaires pourraient aussi déjà générer 1,6 TWh en 2020. De plus, la Belgique dispose du potentiel permettant de produire des biocarburants avec une valeur équivalente de 3,6 TWh d'ici à 2020.

Ces chiffres contrastent très fort avec la part actuelle de l'énergie renouvelable dans le paysage belge. 17,4 TWh d'électricité renouvelable représenteront environ 15 à 17% de la consommation totale d'électricité en 2020. Aujourd'hui, l'électricité renouvelable en Belgique représente environ 2,5% de la production totale.

En Flandre, les dominantes de la production d'électricité renouvelable sont la biomasse, le biogaz et les déchets.

La figure 3-1 donne le détail de la production d'électricité renouvelable en Flandre, principalement réalisée à partir de biomasse, de biogaz et de déchets. La Flandre a instauré un système de certificats verts (GSC, *groene stroomcertificaten*), les producteurs d'électricité étant tenus de réaliser un certain pourcentage de leur production au moyen

de technologies utilisant de l'électricité renouvelable. En Flandre, celui qui produit 1 MWh d'électricité verte reçoit pour cela un certificat vert, qu'il peut vendre. Les sociétés d'électricité peuvent donc gagner des certificats verts par leur propre production ou en acheter sur le marché. À la fin de la période, elles doivent présenter un nombre suffisant de certificats verts sous peine d'amendes. Les pouvoirs publics, par ce système de quotas, déterminent eux-mêmes la quantité d'électricité renouvelable produite. Le quota de certificats verts augmente chaque année. Il est de 4,9% pour 2009, et de 2,25% pour 2010.



SOURCE: WWW.VREG.BE/VREG/DOCUMENTEN/STATISTIEKEN/67007.PDF

La Belgique est à la traîne en matière de production d'énergie renouvelable, mais, ailleurs aussi, le potentiel à l'horizon 2020 est beaucoup plus élevé que la capacité actuelle.

Selon l'AIE, pas moins de 67% du potentiel éolien total réalisable au Danemark est inutilisé à ce jour.

Le tableau 3-3 montre qu'en Belgique, la production de chaleur renouvelable pourrait être beaucoup plus importante que ce qu'elle ne représente aujourd'hui, à savoir 7% de la chaleur totale. La Belgique est à la traîne en matière de production d'énergie renouvelable, mais dans les autres pays mentionnés dans le tableau, le potentiel à l'horizon 2020 est également beaucoup plus élevé que la capacité actuelle. Si le Danemark est le pionnier européen de l'éolien, son paysage permet pourtant un potentiel éolien bien plus élevé que ce qu'il ne représente aujourd'hui. Selon l'AIE, pas moins de 67% du potentiel réalisable total au Danemark est à ce jour inutilisé.

La différence entre la capacité actuelle et le potentiel réalisable à l'horizon 2020 est le potentiel réalisable supplémentaire présenté au tableau 3-3. Ce tableau donne les chiffres pour la Belgique, le Danemark, l'Allemagne, la France, l'UE-27, les États-Unis, la Chine, l'Inde et l'ensemble des pays de l'OCDE et des pays du groupe BRIC ²⁸.

TABLEAU 3-3 : POTENTIEL SUPPLÉMENTAIRE RÉALISABLE À L'HORIZON 2020 (EN TWh)

Technologies	BE	DK	DE	FR	EU 27	VS	CH	IND	OCDE & BRICs
Biogaz	3	1,6	11,7	22,4	110	88	182,4	102,9	622
Biomasse	2,1	3,4	44,8	67,1	325	340	411,7	69,7	1719
Déchets	0,7	0,4	1,7	4,4	32	25,3	76,2	57,5	249
Géothermie	0	0	0	0,2	4	19,2	2,9	0,5	50
Energie hydraulique	0,1	0	5,5	8,2	85	28,4	665,6	204,1	1700
Panneaux solaires	1,6	1,4	13,8	16,2	91	679	110,9	22	390
Chaleur solaire	0	0	0	0	30	16,8	10,2	0,2	91
Energie marémotrice	0,2	2,6	7,7	13,2	125	2,3	0,5	0,5	156
Eolien onshore	4,1	3,7	24,5	55,3	235	211,3	139,4	73,9	860
Eolien offshore	3,6	9,5	76,8	29,9	258	72,3	5,7	6,1	442
Electricité renouvelable totale	15,3	21,8	186,5	216,8	1294	871,6	1605	537,6	6278
Supplémentaire/ réalisable (élect.)	0,88	0,68	0,75	0,75	0,73	0,70	0,80	0,83	0,70
Combustible bio	3,6	12	20,1	62,8	378	330,8	204,5	98	1314
Réchauffement solaire	9,6	5,3	74,1	68,5	446	290	485,4	165,5	1641
Chaleur géothermique	13,1	9,4	86,7	47,9	398	442,9	343,7	74,4	1577
Biomasse WKK	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chaleur renouvelable totale	-	-	-	-	-	-	-	-	-

SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.69-71

88% du potentiel renouvelable de la Belgique à l'horizon 2020 n'est pas réalisé pour le moment.

Il ressort du tableau 3-2 que la Belgique, d'ici à 2020, disposera d'un potentiel total d'électricité renouvelable de 17,4 TWh. D'après le tableau 3-3, 88% de ce potentiel, soit 15,3 TWh, n'est pas encore réalisé. Le Danemark et l'Allemagne n'ont encore utilisé qu'entre un quart et un tiers de leur potentiel disponible à l'horizon 2020. Ces chiffres

²⁸ Brésil, Russie, Inde et Chine.

En Europe, 73% du potentiel renouvelable total à l'horizon 2020 est encore disponible pour l'exploitation.

concernent bien sûr la capacité totale de production renouvelable pour l'électricité. Pour certaines technologies particulières, les pourcentages utilisés dans certains pays sont plus élevés. L'Allemagne utilise déjà 46% du potentiel de l'éolien terrestre de sorte qu'une utilisation plus élevée, par exemple 75%, d'ici à 2020 serait tout à fait possible. L'exemple de l'Allemagne est la preuve que les chiffres de l'AIE pour les pays pionniers sont assez optimistes, mais nécessairement irréalisables.

L'AIE voit donc un important potentiel non utilisé à relativement court terme, malgré le fait que le climat du marché soit assez favorable pour les meilleurs projets en matière d'énergie renouvelable. En Europe, où le potentiel total est de 1774 TWh, 73% (soit 1294 TWh) est encore disponible pour l'exploitation. Il est également frappant de constater que la part de potentiel réalisable utilisée soit un peu plus importante aux États-Unis qu'en Europe (respectivement 73 et 70%) et que la Chine et l'Inde, qui utilisent respectivement 20 et 17% de leur potentiel, soient déjà plus avancés que la Belgique.

On peut tout de même se poser des questions devant la grande différence existant entre la puissance actuelle et le potentiel réalisable à relativement court terme – du point de vue des investissements, 2020 est en effet très rapproché. Les chiffres mentionnés au tableau 3-2 sont-ils le résultat d'hypothèses vraiment très optimistes au sujet des évolutions technologiques et du comportement des pouvoirs publics en matière de subventionnement ?

04

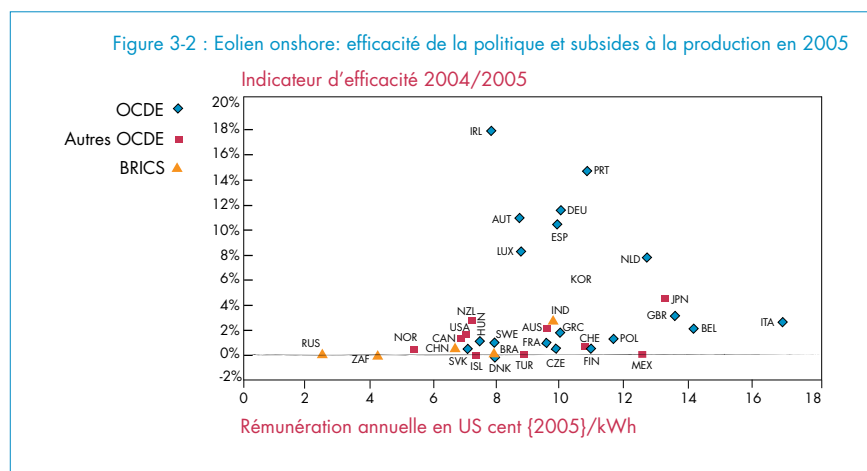
SUBSIDES À LA
PRODUCTION : TROP
FAIBLES, TROP ÉLEVÉS OU
JUSTE CE QUI CONVIENT ?



Il ressort des analyses effectuées par l'AIE que d'importantes mesures incitatives en faveur de la production n'offrent pas de garanties quant à la rapidité d'utilisation de la capacité disponible pour les projets d'utilisation des énergies renouvelables. Pour chaque technologie utilisant des énergies renouvelables, il existe quelques innovateurs, mais dans la plupart des pays, les évolutions sont très lentes par rapport au potentiel disponible.

Dans cette partie, nous abordons brièvement l'impact des subsides à la production sur la réalisation ou l'encaissement du potentiel disponible par pays. Les figures ci-dessous donnent comme indicateur d'efficacité le pourcentage du potentiel disponible à l'horizon 2020 qui a été utilisé dans la période 2004-2005. Un indicateur d'efficacité de 15% signifie que la capacité investie en 2004-2005 dans une technologie utilisant des énergies renouvelables utilise au total 15% du potentiel disponible à l'horizon 2020. Cet indicateur d'efficacité est présenté en regard de la totalité des subsides à la production exprimés en cents de dollar réel par kWh en 2005. L'AIE a recalculé pour chaque pays les mécanismes utilisés en matière de subsides – tarifs de rachat, certificats verts, appels d'offres, avantages fiscaux, etc. – pour pouvoir comparer les subsides par kWh.

ÉOLIEN TERRESTRE



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.106

La figure 3-2 confirme une fois de plus le fait que, dans la période 2004-2005, une partie seulement du potentiel éolien disponible à l'horizon 2020 a été utilisé. Toutes proportions gardées, l'Irlande est le leader avec une utilisation d'environ 18% du potentiel national en 2004 et 2005 pour des subsides à la production s'élevant à 8 cents de dollar par kWh. Dans les autres pays où l'utilisation dépasse 10% en 2004 et 2005, à savoir le Portugal, l'Allemagne, l'Autriche et l'Espagne, les subsides à la production varient entre

Toutes proportions gardées, l'Irlande est le leader de l'utilisation du potentiel éolien national.

En 2005, l'Italie a payé les subsides à la production les plus élevés pour l'éolien terrestre. Cependant, il n'y a pas eu d'impact important.

Après l'Italie, c'est la Belgique qui est le pays le plus généreux en matière de subsides à la production.

Pour les meilleurs projets éoliens, les subsides à la production conduisent à des marges bénéficiaires de plus de 100%. Aucune autre technologie d'utilisation d'énergie ne peut en rêver.

Il ne suffit pas que les subsides à la production soient importants pour mobiliser massivement des investissements.

8 et 11 cents par kWh en 2005. Si ces pays peuvent maintenir cette expansion récente de la capacité éolienne, ils réussiront certainement, d'ici 2020, à réaliser une grande partie de la capacité disponible. Pour apporter une aide aux technologies utilisant des énergies renouvelables, la plupart de ces pays utilisent un mécanisme de rachats ²⁹. En 2005, l'Italie a payé les subsides à la production les plus importants pour l'éolien terrestre : 15 cents par kWh. Et pourtant, ces subsides importants n'ont conduit à utiliser que maximum 2% de la capacité disponible. C'est peut-être le signe d'une grande méfiance des investisseurs à l'égard du gouvernement italien, à qui il est déjà arrivé de modifier rétroactivement des mesures d'aide.

En Belgique, le montant total des subsides à la production – somme de l'aide financière reçue grâce aux certificats verts et de la valeur marchande de l'électricité produite – est égal à environ 14 cents de dollar par kWh, ce qui place la Belgique entre les deux premiers pays de l'OCDE lorsqu'on les classe par ordre décroissant en fonction des subsides qui y sont octroyés à la production. 14 cents de dollar par kWh équivalent à 140 dollars, soit environ 100 euros, par MWh. L'électricité produite par les éoliennes se vendant au prix de 30 euros par MWh alors que le coût de production est de 70 euros par MWh, ces subsides garantissent une marge bénéficiaire de 60 euros par MWh – ce qui est supérieur au prix de l'électricité – pour les meilleurs projets éoliens. Aucune autre technologie utilisatrice d'énergie ne peut en rêver. Et certainement pas lorsque les prix de l'électricité tournent autour des 40 euros par MWh.

Pourtant, en 2004 et en 2005, la Belgique n'a pas réussi à développer plus de 2% du potentiel disponible à l'horizon 2020. Il ne suffit donc pas que les subsides à la production soient importants pour mobiliser massivement des investissements. Il est vrai qu'il n'est pas possible d'investir sans concession ou licence.

La figure montre aussi que les pays les plus riches prévoient des subsides à la production allant de 7 à 11 cents de dollar, mais qu'en 2004-2005, ils ne sont tout de même pas parvenus à développer plus 2 à 4% de leur potentiel respectif.

²⁹ Bon nombre de pays n'ont opté que récemment pour les tarifs de rachat (*feed-in tariffs*). L'Irlande les a introduits en 2006. Jusqu'en 2005, ce pays utilisait un système d'appels d'offres.

MESURES INCITATIVES ET PERSPECTIVES DES TECHNOLOGIES DE L'ÉNERGIE 2008

Les subsides à la production ne sont qu'un élément. Les investisseurs doivent aussi franchir des barrières non économiques.

L'impasse actuelle conduit à s'interroger sur le rôle des technologies utilisant des énergies renouvelables dans le scénario de transition présenté dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*.

Comment expliquer l'impact plutôt limité des subsides importants à la production ? Il y a deux explications. Les subsides à la production ne sont qu'un premier élément. Les investisseurs doivent aussi franchir de nombreuses barrières non économiques, telles que les procédures exténuantes pour obtenir les permis, ou encore les lenteurs administratives. Le passage de ces barrières non économiques est beaucoup plus exigeant dans la pratique que ce qu'il n'apparaît dans le calcul effectué par l'AIE pour le potentiel disponible à l'horizon 2020.

Ceci nous amène à l'explication probablement la plus logique : l'AIE a donné une estimation trop optimiste du potentiel disponible. Si c'est en effet le cas, il est aussi permis de se poser des questions sur le rôle des technologies utilisant des énergies renouvelables dans le scénario de transition présenté dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*. En effet, peut-on s'attendre à ce que les technologies utilisant des énergies renouvelables connaissent une forte expansion d'ici à 2050 si le potentiel disponible à l'horizon 2020 est à peine utilisé malgré de généreux subsides à la production ? Dans les scénarios ambitieux de *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, des valeurs du carbone se situant en moyenne à 35 dollars par tonne de CO₂ – les coûts marginaux de réduction en 2050 sont, il est vrai, beaucoup plus élevés – suffisent à déclencher une véritable révolution énergétique. Dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, il n'y a donc pas de subsides à la production pour les technologies utilisant des énergies renouvelables, mais uniquement des sanctions relatives aux prix pour les technologies utilisatrices d'énergies non renouvelables.

Des subsides à la production d'énergie par une éolienne pour un montant de 100 euros par MWh assurent une diminution des émissions de CO₂ de 400 kg si les centrales au gaz produisent 1 MWh en moins. Le coût de réduction est donc de 350 dollars par tonne³⁰. Lorsque les subsides actuels à la production sont exprimés en valeurs de carbone, on voit que les mesures incitatives qui dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, entraînent la transition énergétique, ne se situent pas moins de dix fois plus bas que ce n'est le cas pour le moment. Or, aujourd'hui, il ne se passe déjà pas grand chose... Jusqu'à présent, l'efficacité politique n'a été examinée que pour l'éolien terrestre. Qu'en est-il pour les autres technologies utilisant des énergies renouvelables ?

³⁰ 100 euros valent 140 dollars. 140 dollars / 0,4 tonne de CO₂ = 350 dollars /tonne CO₂

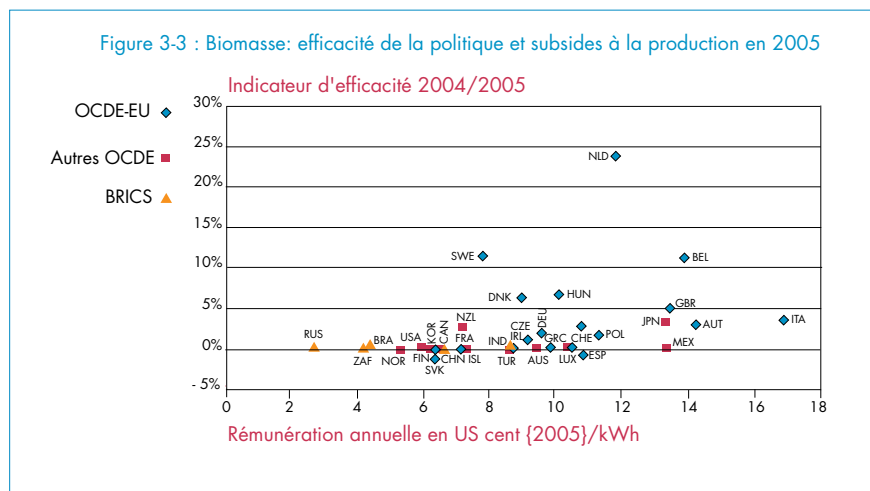
BIOMASSE

Les Pays-Bas sont en tête du classement en ce qui concerne l'utilisation de la biomasse pour la production d'électricité.

La Belgique se place aussi très bien pour ce qui est de l'utilisation de la biomasse.

La figure 3-3 indique les subsides à la production offerts par kWh pour la combustion de biomasse (co-firing) en 2005 et l'efficacité politique en 2004-2005 sous forme de pourcentage de la capacité disponible à l'horizon 2020. Les Pays-Bas sont en tête du classement en ce qui concerne l'utilisation de la biomasse pour la production d'électricité. Près d'un quart du potentiel néerlandais à l'horizon 2020 était utilisé en 2004-2005.

La Belgique se place aussi très bien en matière d'utilisation de la biomasse et, en 2004-2005, notre pays réalise, tout comme la Suède, déjà plus de 10% du potentiel disponible. La Belgique propose des subsides à la production de près de 140 dollars par MWh, soit environ 100 euros par MWh, tandis que la Suède ne propose que la moitié.



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.113

Dans la plupart des pays, 2% à peine du potentiel national est utilisé, indépendamment des subsides à la production proposés.

Pour les autres pays, il est surtout frappant de constater que 2% à peine du potentiel national, et parfois moins, soit utilisé en 2004-2005, indépendamment des subsides à la production proposés. Cette constatation est étonnante car la biomasse permet justement de mettre sur pied des projets intéressants sur le plan financier. Tout comme pour l'éolien en mer, c'est l'Italie qui offre les subsides à la production les plus élevés, mais l'impact reste limité. De la figure, on peut conclure que l'exploitation de la biomasse ne fait que commencer.

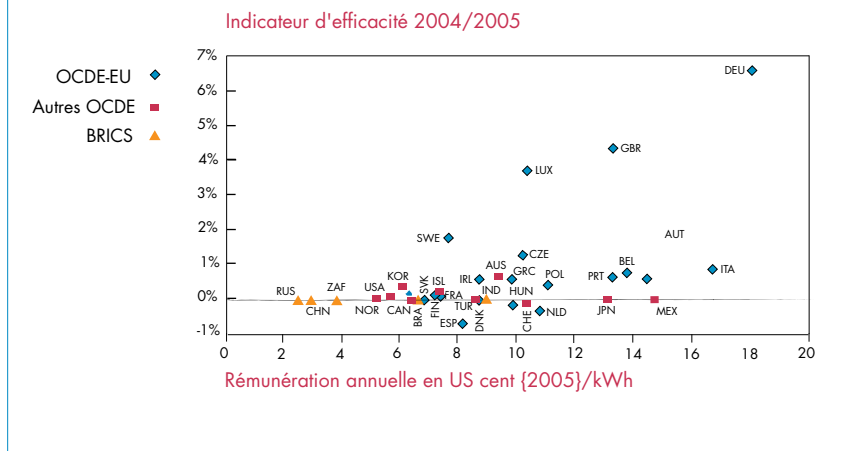
BIOGAZ

Le biogaz peut être produit à partir de matières premières très différentes les unes des autres. Les différences entre les systèmes nationaux sur le plan agricole et sur le plan des déchets s'expriment dans la sélection et le développement des projets de biogaz. Chaque pays dispose de flux de matières premières pour la production de biogaz, de sorte que le potentiel pour les projets de biogaz est réparti de manière plus équitable que le potentiel pour les projets d'utilisation de l'énergie éolienne ou solaire. En outre, il est possible d'importer les matières premières. Les subsides offerts tiennent compte de la disponibilité des matières premières dans le pays en question et de la taille des projets de biogaz concernés. La figure ci-dessous présente les subsides à la production en cents de dollar par kWh pour le biogaz en 2005 et l'efficacité de cette aide en 2004-2005. Tout comme pour la biomasse et l'éolien marin, il s'avère que la plupart des pays, malgré leur politique d'aide en 2004-2005, n'ont pu utiliser qu'une part minime de leur potentiel disponible. En ce qui concerne la production d'électricité à partir de biogaz, 94% du potentiel permettant de produire du biogaz n'est pas encore utilisé, selon l'AIE. L'Allemagne se place en tête du classement en matière de biogaz avec en 2004-2005, une utilisation de 7% du potentiel pour une aide à la production d'environ 18 cents de dollar par kWh. Les subsides à la production offerts pour l'électricité produite à partir de biogaz sont plus élevés en Allemagne qu'en Italie. L'Allemagne a aussi recours à des tarifs de rachat pour le biogaz, tandis que l'Italie utilise un système de quotas. Pour le biogaz également, les subsides importants en Italie entraînent peu d'initiatives. La Belgique pour le biogaz aussi, fait partie des pays qui offrent les subsides à la production les plus élevés mais en 2004-2005, notre pays n'utilise pourtant qu'à peine 1% du potentiel calculé par l'AIE. Il ressort de la figure 3-4 que de nombreux pays n'utilisent pour ainsi dire pas du tout leur potentiel pour des projets de biogaz. Bon nombre de projets de biogaz risquent de voir leur avenir menacé en raison de la concurrence croissante pour les matières premières utilisées par les installations de biogaz. Si la réponse des gouvernements consiste à offrir des subsides plus importants, il y a un risque de distorsion directe de la concurrence avec les autres secteurs de transformation des matières premières.

L'Allemagne se place en tête du classement en matière de biogaz.

Malgré des subsides à la production, la plupart des pays n'utilisent pour ainsi dire pas du tout leur potentiel pour des projets de biogaz.

Figure 3-4 : Biogaz: subsides à la production versus efficacité de la politique en 2005



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.120

CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

Malgré la baisse spectaculaire des prix en 2008-2009, les investissements nécessaires à la production d'électricité à partir de cellules photovoltaïques (appelées aussi cellules solaires) atteignent encore des montants très importants et, par conséquent, s'il faut que l'électricité solaire soit concurrentielle, les subsides à la production doivent être très élevés. La figure 3-5 montre qu'en 2005, de grandes différences existent dans les subsides à la production offerts par les différents pays pour l'électricité produite à partir de cellules photovoltaïques. La Russie n'offre que quelques cents de dollars, tandis que le Luxembourg en offre plus de 70 par kWh. En 2005, le coût de production de l'électricité grise était d'environ 5 à 6 cents de dollars par kWh au Luxembourg. Cette année-là, le Luxembourg était sans conteste en tête du classement pour ce qui est de l'utilisation du potentiel disponible en 2004-2005. Il était suivi par l'Allemagne, le Japon et la Suisse.

Pour 2005, l'aide offerte en Belgique équivalait à moins de 30 cents de dollar par kWh. Ce n'est qu'en 2006 que la Flandre a appliqué un prix minimum pour les certificats verts photovoltaïques, de sorte que l'aide offerte a fortement augmenté. À partir de 2010, le montant en est de 350 euros par MWh, puis il diminue jusqu'en 2020. En 2009, les investisseurs flamands pouvaient encore compter sur des subsides généreux de 450 euros par MWh, soit plus de dix fois la valeur marchande de l'électricité produite.

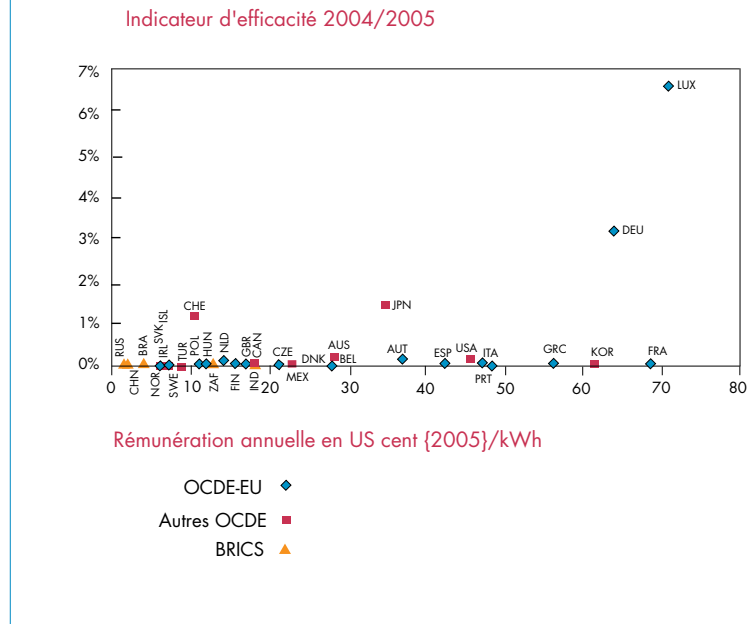
En 2005, le Luxembourg était en tête de classement pour ce qui est de l'utilisation du potentiel solaire disponible, le montant des subventions étant, il est vrai, douze fois plus élevé que la valeur marchande de l'électricité.

En 2009, les investisseurs flamands pouvaient encore compter sur des subsides de 450 euros par MWh, soit dix fois la valeur marchande de l'électricité produite.

En outre, ils bénéficiaient aussi d'une véritable surenchère d'avantages fiscaux (et en Wallonie encore plus qu'en Flandre).

L'aide offerte a donc beau être considérablement élevée, l'AIE conclut que dans la période 2004-2005, à peine 1% du potentiel disponible à l'horizon 2020 a été utilisé.

Figure 3-5 : Cellules solaires: subsides à la production versus efficacité de la politique en 2005



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p.126

Des subsides élevés s'avèrent une fois encore insuffisants pour faire naître des projets en grand nombre.

Dans les régions les mieux ensoleillées, les revenus apportés par les panneaux solaires sont jusqu'à 100% plus élevés que dans les pays comme la Belgique, de sorte qu'en principe, des subsides beaucoup moins élevés devraient suffire pour qu'il y ait concurrence sur les marchés. La Grèce et l'Italie offrent également des subsides à la production qui, mis en rapport avec les revenus locaux retirés des cellules photovoltaïques, paraissent assez attractifs. Il s'avère cependant que dans ces deux pays relativement bien ensoleillés, il soit difficile de mobiliser beaucoup d'investissements.

Dans les régions les mieux ensoleillées, le rendement des panneaux solaires est 100% supérieur à celui des panneaux solaires dans des pays comme la Belgique.

Il s'avère que dans des pays relativement bien ensoleillés, il est également difficile de mobiliser beaucoup d'investissements.

PROPOSITION

Les discussions sur l'aide aux technologies utilisant des énergies renouvelables ne doivent pas continuer à se limiter à la détermination du montant des subsides à la production. Si d'importantes mesures incitatives en faveur de la production n'ont presque pas d'effet, le problème est ailleurs.



05

BARRIÈRES NON ÉCONOMIQUES



Les barrières non économiques ont un rôle fondamental dans la poursuite du développement et de l'expansion des technologies utilisant des énergies renouvelables, et aussi des autres énergies. On peut regretter l'existence de barrières administratives et du syndrome BANANA. Cependant, il n'y a pas de solution simple immédiatement visible.

Il est essentiel de placer les systèmes au centre du raisonnement pour pouvoir développer une vision stratégique sur les énergies renouvelables. Les expériences danoises montrent que, si on néglige des composantes essentielles du système, on risque un arrêt brusque des investissements dans l'énergie éolienne.

La libéralisation du marché de l'électricité a vraisemblablement détourné l'attention de l'intégration des systèmes, mais une correction est encore tout à fait possible.

Les subsides actuellement octroyés à la production offrent aux investisseurs un rendement élevé garanti.

Il ressort des analyses de l'AIE que les pays de l'OCDE offrent déjà depuis plusieurs années des subsides à la production qui sont suffisamment élevés pour combler la différence par rapport à la production d'électricité grise. Dans le cas de l'énergie éolienne, de la biomasse et, dans une moindre mesure, du biogaz, nous concluons même que de nombreux pays offrent aussi aux investisseurs privés un rendement élevé garanti par le biais de subsides à la production. Un bon projet éolien n'a pas du tout besoin d'une aide de 10 cents de dollars ou plus par kWh d'électricité, et la combustion de biomasse dans les meilleurs projets est concurrentielle sur le marché, et ce même lorsque les prix de l'électricité sont peu élevés comme en 2009. Pour les centrales alimentées uniquement à partir de biomasse, les subsides doivent bien sûr être beaucoup plus importants, et ceci vaut également pour les petites centrales de production de biogaz.

Pourtant, utiliser le potentiel disponible en énergie renouvelable à l'horizon 2020 est un grand défi. Le train se met en marche mais dans la plupart des pays, il vient à peine de démarrer.

Les barrières non économiques constituent sans aucun doute une explication importante du fossé qui existe entre la capacité actuelle et le potentiel à l'horizon 2020. La lenteur dans l'accroissement de la capacité renouvelable s'explique en partie par l'existence de barrières administratives, telles que les procédures longues et compliquées concernant les permis, par un accès limité aux réseaux d'électricité et d'énergie, par la pénurie de personnel suffisamment formé, par le manque d'informations ainsi que par l'accueil que la population réserve aux projets d'utilisation des énergies renouvelables. Les régions comme la Flandre, où la densité de population est forte et où le morcellement de l'aménagement du territoire est très important offrent moins de potentiel pour des projets d'utilisation des énergies renouvelables que celles où la densité de population est faible et qui disposent d'espace pour le développement.

Celui qui veut mettre sur pied un nouveau projet d'investissement court toujours le risque de se retrouver en situation de conflit d'intérêts pouvant gravement retarder voire éliminer son projet.

Une société doit toujours trouver un équilibre entre ce qui est possible et ce qui ne l'est pas.

Celui qui veut mettre sur pied un nouveau projet d'investissement court toujours le risque de se retrouver en situation de conflit d'intérêts pouvant gravement retarder voire éliminer son projet. En soi, ce n'est pas un signe d'échec stratégique. Tout le monde a le droit de défendre sa propriété. Il est assez naïf de s'attendre à ce que les propositions d'investissements pour des éoliennes ou des installations de biogaz soient toutes adoptées à l'unisson. Néanmoins, il faut toujours trouver un équilibre entre ce qui est possible et ce qui ne l'est pas. Pour ce faire, le gouvernement doit élaborer un cadre stratégique cohérent dans lequel des critères transparents sont utilisés pour

Pour la transition énergétique, les innovations du cadre régulateur ont autant d'importance que les innovations technologiques.

évaluer chaque projet de la manière la plus objective possible. Sur dix projets éoliens prospectés en Flandre, un seul pourra être réalisé après une bataille de procédure d'une durée de quatre ans en moyenne.

Les barrières non économiques font partie de la réalité économique dans tous les pays développés. Dans les pays où les décideurs choisissent constamment de nouveaux projets d'utilisation des énergies, ces barrières peuvent, en principe, disparaître progressivement. Pour la transition énergétique, les innovations du cadre régulateur ont autant d'importance que les innovations technologiques. Les pays qui ne souhaitent pas investir dans la recherche sur les technologies utilisant des énergies savent donc à quoi s'attaquer...

LA COMPLEXITÉ A UN PRIX, MAIS AUSSI UNE VALEUR

La complexité est un moyen pour trouver un compromis social, le nombre de paramètres entrant en ligne de compte ne faisant qu'augmenter.

Il est cependant peu probable que les barrières non économiques disparaissent rapidement. Dans les sociétés complexes, tous les aspects de la vie quotidienne sont régis par des règlements complexes, et les procédures à suivre ne le sont pas moins. La complexité n'est jamais un but en soi, mais toujours un moyen pour trouver un compromis social, le nombre de paramètres entrant en ligne de compte ne faisant qu'augmenter. Tout plaider pour une simplification de l'administration et pour un raccourcissement des procédures relatives à l'obtention des permis pour les projets d'utilisation des énergies fait penser aux nombreuses tentatives visant la simplification de la fiscalité. Pratiquement tous les pays qui sont confrontés à une administration complexe ont aussi une législation fiscale très complexe. La complexité fiscale est critiquée depuis déjà plusieurs dizaines d'années, mais il semble très difficile, voire impossible de mettre en œuvre une simplification de la fiscalité. Quelques pays occidentaux ont pu appliquer une simplification fiscale entre 1980 et 1990, mais, chaque fois, il est apparu que c'était peine perdue vu l'apparition incessante de nouvelles règles fiscales au cours des années suivantes. Après quelques temps, la législation est de nouveau complexe, bien qu'en des points différents par rapport à la situation précédente. Si la nécessaire simplification fiscale se fait si longtemps attendre, pourquoi faudrait-il qu'il en soit autrement pour la réduction ou l'élimination des barrières non économiques devant les projets d'utilisation des énergies ?

BARRIÈRES RELATIVES AUX RÉSEAUX : ENSEIGNEMENTS DOULOUREUX TIRÉS DE L'EXPÉRIENCE DANOISE

Parmi les pays européens, le Danemark est le pionnier en matière d'énergie éolienne, mais depuis l'année 2000, il n'investit plus dans un supplément de capacité.

Parmi les pays européens, le Danemark est le pionnier en matière d'énergie éolienne. À la fin de la première crise pétrolière, de nombreux pays industrialisés ont commencé à essayer d'utiliser les énergies renouvelables. Mais comme les prix du pétrole ont ensuite diminué, l'intérêt stratégique s'est estompé, et les temps ont été particulièrement durs pour les investisseurs « verts ». Seul le Danemark a continué à investir dans l'éolien et a ainsi payé une grande partie des effets coûteux de la courbe d'apprentissage, ce qui a permis ultérieurement au secteur d'être en général florissant. Le nombre d'éoliennes a augmenté chaque année au Danemark et à partir de l'année 2000, l'énergie renouvelable – principalement des projets d'utilisation de l'énergie éolienne – a représenté environ 20% de la production danoise d'électricité. Le Danemark est toujours en tête de classement, bien que l'Espagne et l'Allemagne aient fortement progressé.

Le chiffre de 20% semble une limite supérieure pour l'électricité renouvelable car après 2000, il n'y pratiquement plus de construction d'éolienne au Danemark. Pourtant, ce pays laisse encore une grande partie de son potentiel éolien inutilisée. La figure 3-2 montre justement qu'au cours de la période 2004-2005, la fraction du potentiel disponible à l'horizon 2020 qui est exploitée est égale à zéro (0%). Si les entreprises danoises du secteur éolien perdurent, c'est parce qu'après 2000, la demande en éoliennes dans les autres pays européens a commencé à augmenter.

La stagnation dans ce pays pionnier détonne au milieu des habitudes « communications de bonnes nouvelles » à propos des énergies renouvelables.

La stagnation dans ce pays pionnier détonne au milieu des habitudes « communications de bonnes nouvelles » à propos des énergies renouvelables. Il n'est pas étonnant que le secteur ne parle que de l'Allemagne et de l'Espagne et préfère passer le Danemark sous silence.

Comment expliquer que le Danemark, détenant une position de pionnier connaisse un scénario d'extinction ?

Derrière l'importante production danoise d'électricité renouvelable se cache une faible consommation nationale d'électricité renouvelable produite localement.

Derrière l'importante production danoise d'électricité renouvelable se cache une faible consommation nationale d'électricité renouvelable produite localement. L'électricité renouvelable ne représente que 6% de la consommation d'électricité au Danemark. Le reste de l'électricité verte produite, environ 14% de la production nationale d'électricité, est exporté principalement vers la Suède et la Norvège. Pendant les mois d'hiver

Le Danemark exporte une partie importante de l'électricité verte, car, manifestement, elle ne peut être simplement intégrée dans le réseau d'électricité danois.

certainement, en moyenne 80 à 90% de l'électricité éolienne danoise est exportée. Cette exportation est rendue possible par la création, il y a une dizaine d'années, d'un marché unique de l'électricité dans les pays scandinaves. Des investissements ont alors été réalisés pour augmenter la capacité d'importation et d'exportation. Le Danemark exporte une partie importante de l'électricité verte non pas parce que les pays voisins veulent absolument l'importer mais parce que l'électricité verte produite par les éoliennes, pour diverses raisons, ne peut être simplement intégrée dans le réseau d'électricité danois. Les réseaux d'électricité européens sont classiquement organisés autour de quelques grandes centrales par région. Cela n'a jamais été un objectif stratégique explicite, et les réseaux actuels sont surtout le résultat d'une croissance organique fondée sur une accumulation de connaissances des technologies utilisant des énergies. La combinaison actuelle de centrales permet en principe de tenir compte de la variabilité dans la demande d'électricité. Si la demande diminue au cours de la journée, on limite la production de certaines centrales en diminuant l'utilisation des générateurs ou en mettant éventuellement à l'arrêt certaines centrales. Lorsque la demande augmente, les générateurs doivent être prêts à augmenter leur fourniture, et quelques centrales de pointe sont activées. Les gestionnaires du réseau peuvent aussi avoir recours à la collaboration des grands consommateurs, tels que l'industrie à forte consommation énergétique. Ces entreprises peuvent, à la demande des gestionnaires du réseau, faire correspondre leur demande d'électricité à la situation du marché. Il va de soi que tous ceux qui collaborent à la gestion optimale du réseau se voient accorder une aide financière adaptée. Cette aide se calcule le plus souvent comme une compensation pour le manque à gagner dû par exemple, à une production plus faible d'électricité pendant une certaine période. Chaque pays a conclu à cet effet des conventions qui lui sont propres.

L'énergie éolienne est très variable ; il peut arriver que le réseau d'électricité soit surchargé et que sa stabilité ne soit plus assurée. En principe, ces difficultés ne sont pas insurmontables.

L'énergie éolienne est très variable. Lorsque le vent s'intensifie subitement, entraînant une brusque augmentation de la production d'électricité, il peut arriver que le réseau d'électricité soit surchargé et que sa stabilité ne soit plus assurée. En principe, ces difficultés ne sont pas insurmontables. Il n'est cependant pas inutile d'investir dans la capacité de stockage de l'énergie éolienne, de rendre les réseaux plus souples et d'accroître la capacité de transport. Toutes ces options supposent évidemment d'y consacrer du temps et de l'argent. Pour ces raisons, il peut être opportun pour le Danemark de garder autant que possible sur son propre réseau l'électricité verte produite pour l'exporter ensuite directement par des câbles sous-marins. Actuellement, le Danemark considère la vente de sa propre électricité verte comme une solution de

Il est déjà arrivé plusieurs fois que l'électricité verte danoise soit « vendue » à un prix négatif.

L'acquisition d'un produit à un prix négatif est un phénomène inhabituel dans la réalité économique.

Il y a risque de gaspillage et d'atteinte au bien-être lorsque les subsides à la production sont utilisés sans discernement. La politique doit également œuvrer à l'intégration des systèmes.
Un supplément d'électricité éolienne danoise signifie une diminution de l'électricité produite dans les centrales hydrauliques en Suède et en Norvège.

facilité. Pourtant, cette solution présente de sérieux désavantages. L'exportation de la production locale d'énergie renouvelable peut retarder les nécessaires adaptations du réseau puisque le problème est exporté. Mais ce comportement est compréhensible car le Danemark a payé des coûts d'apprentissage importants pour le développement de la capacité de production d'énergie renouvelable, et il est probable que ce pays souhaite maintenant voir comment la situation va évoluer en tirant les leçons des autres pays en matière d'intégration et de souplesse des réseaux.

Aujourd'hui, le Danemark n'est pas trop bien placé pour négocier car si la Suède ou la Norvège n'achètent pas d'électricité produite au Danemark, le réseau danois risque de connaître des difficultés. L'électricité verte provenant du Danemark est donc souvent acquise à un prix relativement bas. Il est déjà arrivé plusieurs fois que l'électricité éolienne danoise soit vendue à un prix négatif. Formulé autrement, cela signifie que le Danemark subventionne la Suède et la Norvège pour intégrer gratuitement dans leur réseau de l'électricité éolienne danoise. Les deux pays doivent pour cela limiter la production d'électricité dans les centrales hydrauliques. La mise à l'arrêt de plusieurs turbines d'une centrale hydraulique peut s'effectuer relativement rapidement et permettre d'économiser de l'eau.

L'acquisition d'un produit à un prix très faible ou négatif est une pratique inhabituelle dans la réalité économique. Ce n'est pas sans une bonne dose d'imagination que les lobbyistes interprètent ce phénomène comme un signe du bon fonctionnement des marchés de l'électricité, alors que cette situation montre surtout qu'il faut supporter les conséquences des subventions aveugles et de la perturbation des marchés. En outre, il y a du gaspillage et des atteintes au bien-être. La distribution de subsides est donc loin d'être suffisante pour que réussisse l'intégration de sources intermittentes ou variables.

Pour le moment, l'électricité éolienne danoise supplante ou compense la production d'électricité hydraulique en Suède et en Norvège. La plus-value écologique de cette construction reste limitée à l'économie d'eau. Il est donc faux de dire que l'exportation d'électricité éolienne du Danemark entraîne une diminution parallèle de la production d'électricité par des centrales au charbon en Norvège et en Suède, et une diminution correspondante de la pollution. En effet, la Norvège produit presque toute son électricité dans des centrales hydrauliques et n'a pas de centrales au charbon à mettre à l'arrêt lors de l'importation d'électricité danoise. En Norvège, l'énergie hydraulique représente d'ailleurs 60% de la consommation totale d'énergie – y compris le transport, l'électricité, l'industrie et les ménages. En Suède, l'énergie hydraulique représente 50% de la production d'électricité, tandis que l'électricité nucléaire produit environ 45%, le reste étant produit par des centrales à gaz et par des centrales au charbon.

Au Danemark, l'aide à l'énergie renouvelable est devenue le sujet d'un débat social, vers 1998.

L'électricité danoise produite par les éoliennes est vendue à bas prix mais il faut savoir qu'au départ, les subsides octroyés représentaient des montants importants. Les consommateurs danois, les contribuables, ont d'abord payé des milliards pour les investissements dans l'énergie éolienne, alors que la production était proposée à d'autres pays à des conditions très avantageuses. Pour les Danois, ce n'était précisément pas une situation win-win, ce qui explique que l'aide à l'énergie renouvelable vers 1998 soit devenue le sujet d'un débat social. Finalement, l'énergie éolienne a été choisie comme thème électoral et après 2000, les coalitions ont rempli leur promesse électorale en mettant un frein au développement des projets d'utilisation de l'énergie éolienne. L'histoire danoise peut bien sûr être racontée et interprétée de différentes manières. Bon nombre de débats portant sur l'énergie ou le climat ne s'appuient plus sur des faits mais sur des perceptions et des états d'esprit. Pour se pencher sur tous les chiffres, on est supposé avoir un côté casse-pieds. Celui qui trouve dommage l'histoire danoise affirmera que le problème de ce pays provient du sabotage exercé par certaines entreprises et des mauvaises intentions de politiciens manquant de bon sens ainsi que de régulateurs incompetents. Quoi qu'il en soit, la croissance de l'éolien connaît aussi des limites...

L'ŒUF OU LA POULE ?

Comment expliquer que le Danemark n'ait pas anticipé cette problématique ?

Les premiers plaidoyers pour des adaptations fondamentales du réseau et pour des investissements dans la capacité de stockage d'électricité remontent aux alentours de 1980 environ.

Les Danois n'étaient certainement pas imprévoyants, et les premiers plaidoyers pour des adaptations fondamentales du réseau et pour des investissements dans la capacité de stockage d'électricité remontent vers 1980. Les essais du Danemark en matière de technologies de stockage ne datent pas d'hier – tonneaux de sel, caves à chaleur pour les habitations – mais ce pays n'a pas encore investi beaucoup dans les « îles énergétiques » par exemple. Les îles d'énergie permettent de stocker de l'électricité de manière efficace par pompage : création d'un lac artificiel sous le niveau de la mer, qu'on remplit ensuite d'eau. Ces investissements coûtent cher mais les câbles menant aux pays voisins sont déjà sur place. Alors, pourquoi ne pas simplement utiliser les possibilités d'exportation existantes ?...

La Norvège et la Suède ont en principe encore beaucoup de possibilités pour des investissements supplémentaires dans les centrales hydrauliques. Aux alentours des Alpes également, il existe encore des possibilités considérables pour des centrales hydrauliques supplémentaires. Dès que le réseau européen permettra de transporter à

Sous la pression des mouvements écologiques, la construction d'une nouvelle capacité hydraulique est devenue pratiquement impossible dans la plupart des pays.

Tout le monde attend un peu tout le monde, et la nécessaire intégration des réseaux ne se fait pas.

faible coût de l'électricité bon marché sur de longues distances avec aussi peu de pertes que possible – par des lignes de transport de courant continu à haute tension (HVDC, high voltage direct current) –, une expansion de l'énergie éolienne pourra être équilibrée par le biais de la capacité hydraulique. Naturellement, à terme, bon nombre de pays seront intéressés par les possibilités d'équilibrage au moyen de centrales hydrauliques, de sorte que ceux qui proposent cette capacité hydraulique pourront opposer entre eux les nombreux demandeurs. Les prévisions pour les propriétaires des centrales hydrauliques sont donc fantastiques, d'autant que, sous la pression des mouvements écologiques, la construction d'une nouvelle capacité hydraulique est devenue pratiquement impossible dans la plupart des pays.

Le climat n'est donc pas favorable à des investissements dans des technologies de stockage de l'électricité produite à partir de sources intermittentes comme le vent et le soleil. Le développement des possibilités de transport vers les centrales hydrauliques menace justement de restreindre le besoin de capacité de stockage. Pour différentes raisons, l'expansion attendue des possibilités de transport se déroule lentement. En particulier à cause de la lenteur de l'expansion des parcs éoliens en mer. Or, avant de prendre des décisions importantes, ceux qui investissent dans ces projets voudraient naturellement avoir des certitudes concernant les possibilités de transport supplémentaires. En fin de compte, tout le monde attend un peu tout le monde. En outre, la politique d'aide actuelle via des subsides à la production ne tient compte que de ceux qui investissent dans la capacité de production. Ces investisseurs veulent surtout construire beaucoup de capacités et ne sont pas concernés par les décisions relatives au réseau ou à la capacité de stockage. Il n'est pas non plus nécessaire qu'ils soient intéressés par la problématique du stockage car ils gagnent de l'argent sur chaque kWh produit, indépendamment de l'utilisation ou de la destination. Si le MWh produit est donné gratuitement à quelques pays voisins, les investisseurs dans les éoliennes gagnent quasiment autant d'argent.

LA LIBÉRALISATION DU MARCHÉ DE L'ÉNERGIE

Les problèmes esquissés ne sont pas insurmontables, et certainement pas dans les pays où la capacité renouvelable est très limitée à ce jour. Mais aujourd'hui, ces problèmes ralentissent l'expansion de capacités renouvelables dans les pays pionniers. La libéralisation des marchés de l'énergie, et en particulier des marchés de l'électricité, n'y est pas étrangère, loin de là. Pour la libéralisation, de nombreux pays européens (mais pas tous) ont suivi un modèle centralisé, une grande société (d'État) contrôlant

l'ensemble du marché. Cette entreprise dominante n'était pas seulement responsable de la production d'électricité mais aussi de la distribution, de la transmission et de la gestion du réseau. Ce type de construction est assorti d'avantages mais aussi de désavantages. Une entreprise dominante régit tous les aspects du fonctionnement du marché. Il lui est donc facile de mettre des barrières sur le chemin des nouveaux venus attirés par les marges bénéficiaires confortables que autorisent les marchés de quasi-monopole.

L'avantage d'une société dominante est bien sûr la coordination assez étroite qui est nécessaire pour faire fonctionner le système d'électricité de manière optimale. Une seule société contrôle tout et peut donc même décider de la capacité à construire, de l'endroit où la construire et des adaptations du réseau nécessaires pour un rendement optimal de cette capacité. Il n'est pas indispensable d'avoir de longues négociations avec différentes parties. Il est ainsi dès lors possible d'économiser beaucoup de temps et beaucoup d'argent.

Avec la libéralisation, l'Europe a choisi de découpler la production, la distribution, la transmission et la gestion du réseau.

Avec la libéralisation, l'Europe a choisi de découpler la production, la distribution, la transmission et la gestion du réseau. Il y avait pour cela des motifs fondés. Cette libéralisation a eu lieu précisément en même temps que la première vague d'investissements dans l'électricité renouvelable. Dans plusieurs pays, la question des adaptations des réseaux au profit de la capacité renouvelable se posait justement au moment où les gestionnaires de réseau traditionnels étaient détachés d'une société mère dominante et devaient pour la première fois opérer en tant qu'entités autonomes. De nouveaux mécanismes de coordination, conformes au marché, ont dû être mis sur pied, le temps nécessaire variant d'un pays à l'autre. Ce qui était auparavant compensé en interne dans une société dominante a dû désormais obtenir un prix de marché. L'éparpillement des activités sur différentes entreprises qui chacune, devait réaliser sa propre rentabilité, n'offrait pas de garantie sur des prix peu élevés pour le consommateur. Dans certains pays, ces nouvelles sociétés ont dû travailler avec des restrictions particulières – par exemple en rapport avec des investissements –, ce qui a entraîné une situation où les gestionnaires de réseau ne pouvaient aucunement mettre sur pied un programme ambitieux de modernisation. Il y a tout lieu de penser que l'inertie en matière de réseaux et de capacité de stockage est en partie attribuable aux changements fondamentaux sur le marché de l'électricité. Depuis lors, ce marché a gagné en stabilité – chaque partie comprend clairement quelles sont ses possibilités et ses limites – de sorte que les plans pour l'avenir peuvent enfin se concrétiser.

Avec la libéralisation, de nouveaux mécanismes de coordination, conformes au marché, ont dû être mis sur pied, le temps nécessaire variant d'un pays à l'autre.

La libéralisation a pour résultat la formation d'un oligopole européen remplaçant les monopoles nationaux.

Il revient aux pouvoirs publics de pousser la capacité d'intégration de l'énergie renouvelable à un niveau plus élevé.

Les stimulants actuels à la production pour l'énergie renouvelable n'ont pas ou que peu d'impact direct sur les composantes sous-jacentes du système.

Mais il semble bien que la libéralisation ait surtout pour résultat la formation d'un oligopole européen remplaçant les monopoles nationaux. C'est une évolution logique pour un secteur à fort coefficient en capital mais ici aussi, il peut y avoir des désavantages pour les acteurs dans la niche de l'énergie renouvelable. En Europe, les grandes sociétés d'électricité et les nouveaux investisseurs veulent optimiser leur propre portefeuille de production et ne sont pas nécessairement intéressés par l'optimalisation des réseaux nationaux.

Aussi longtemps que les subsides à la production domineront et que les coûts des adaptations des réseaux pourront être répercutés sur d'autres parties, les investisseurs ne tiendront pas suffisamment compte de tous les coûts. Les investissements iront précisément dans les pays où tous les coûts indirects sont simplement répercutés sur les consommateurs locaux.

PENSER AUX SYSTÈMES

Si les acteurs privés du marché hésitent à assurer le financement des investissements nécessaires pour les adaptations, il revient aux pouvoirs publics de pousser la capacité d'intégration de l'énergie renouvelable à un niveau plus élevé. Ceci doit toujours se faire de façon pragmatique, c'est-à-dire de manière efficace en termes de coûts.

Les stimulants possibles pour l'énergie renouvelable, quels qu'ils soient (valeurs du carbone, tarifs de rachat, certificats verts ou autres obligations relatives à des quotas) n'ont pas ou que peu d'impact direct sur les composantes sous-jacentes du système. Par exemple, les tarifs de rachat pour la production d'électricité verte ne vont pas inciter les investisseurs à construire une île côtière pour le stockage d'énergie. Les mesures incitatives en faveur de la production stimulent la production, indépendamment de la capacité d'intégration dans le système existant. Le rôle des pouvoirs publics ne doit donc pas se limiter à prévoir des mesures incitatives en faveur de la production. Le marché a alors beau être libéralisé, les pouvoirs publics doivent réfléchir aux évolutions sur le long terme.



PROPOSITION

Une analyse approfondie des barrières non économiques s'impose pour toutes les technologies utilisant des énergies renouvelables. Elle permet de faire une estimation réaliste de l'utilisation future du potentiel disponible.

PROPOSITION

Les instituts de recherche peuvent chercher à savoir dans quelle mesure les barrières non économiques existant en Belgique diffèrent de ce qui se rencontre dans d'autres régions représentatives de l'Union européenne. Existe-t-il une approche efficace pour diminuer de manière significative les barrières non économiques ?

PROPOSITION

L'attention accordée aux composantes du système doit être centrale dans les discussions sur l'énergie renouvelable. Pour le moment, toute l'attention est tournée vers les objectifs de production. Qui va vraiment consommer cette électricité renouvelable et quels investissements supplémentaires sont nécessaires pour rendre cette consommation possible ? Ces analyses doivent être abordées avec transparence pour qu'un débat soit possible à propos de l'attribution de ces coûts.

06

LA DOMINANCE DU CARBONE



Les sources d'énergie fossile ont quelques avantages typiques : densité d'énergie, stockage d'énergie et niveau élevé d'utilisation. Ces atouts expliquent aussi la dominance des systèmes d'utilisation des énergies fossiles. Parmi les technologies utilisant des énergies renouvelables, la biomasse, le biogaz et l'énergie hydraulique se classent relativement bien pour ce qui est du stockage de l'énergie.

Le marché a sélectionné les systèmes d'utilisation des énergies fossiles, bien qu'au départ, il avait sélectionné uniquement des systèmes n'utilisant que des énergies renouvelables, à savoir le vent, la biomasse et l'énergie hydraulique. Petit à petit, l'énergie fossile a pris la place des énergies renouvelables, mais cette évolution va s'inverser dans un avenir proche avec la transition énergétique.

Au cours de la transition énergétique que l'on se propose de réaliser, le système dominant sera remplacé par un système dont, aujourd'hui, nous ne connaissons pas encore toutes les composantes.

Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles ont été sélectionnés par le marché. A l'époque ayant précédé l'ère de l'utilisation des énergies fossiles, le marché a d'abord sélectionné un système n'utilisant que des énergies renouvelables, à savoir le vent, la biomasse et l'énergie hydraulique. Petit à petit, l'énergie fossile a pris la place des énergies renouvelables, mais cette évolution va s'inverser dans un avenir proche avec la transition énergétique. L'intégration du charbon dans le système énergétique a été progressive. Le charbon est commercialisé depuis l'an 1200 mais, étant donné ses désavantages, son succès a été très lent. Si le charbon est à la base de l'industrialisation de l'Occident, la biomasse représentait encore 85% de la demande primaire d'énergie vers 1850. Ce n'est que bien plus tard que le pétrole et le gaz naturel ont été sélectionnés par le mécanisme du marché. En 2005, le système d'utilisation des énergies fossiles répondait à entre 85 et 90% de la demande mondiale d'énergie primaire. Au cours de la transition énergétique que l'on se propose de réaliser, le système dominant sera remplacé par un système dont nous ne connaissons pas encore aujourd'hui toutes les composantes. Dans quelle mesure peut-on relever ce défi ?

Dans les années 1890, la production d'énergie fossile était à peu près égale à la production d'énergie à partir de la biomasse. Il ne semblait pas possible de rapidement accroître la production d'énergie à partir de la biomasse tandis que le charbon prenait progressivement de plus en plus d'importance. Depuis lors, l'ensemble des systèmes d'utilisation des énergies a connu une forte croissance, passant de 1,4 terawatt (TW) en 1890 à 14 TW aujourd'hui. Une augmentation importante de la part relative de la biomasse n'est possible que si la demande d'énergie diminue fortement. Le remplacement de la moitié de toutes les énergies fossiles demanderait d'au moins tripler la production de biomasse pour les services relatifs à l'énergie. Ceci n'est pas facile car un arbre ne pousse pas plus vite qu'en 1890, et la valeur énergétique d'une stère de bois ne s'est pas modifiée. Ceux qui plaident pour le remplacement d'une technologie par une autre doivent donc s'interroger sur l'échelle ou la portée de chacune des technologies utilisant des énergies.

DENSITÉ ÉNERGÉTIQUE

La densité énergétique de l'énergie fossile est élevée. Dans les transitions de la biomasse vers le charbon et du charbon vers le pétrole et le gaz, les combustibles ont toujours été remplacés par d'autres dont la densité énergétique était plus élevée. La biomasse dite « bonne » a une densité énergétique de maximum 18 mégajoules par

Pour une même production d'énergie, 3 kg de biomasse équivalent à 1 kg de pétrole.

L'infrastructure actuelle de nos maisons, de nos bâtiments et de nos routes est basée sur le système d'utilisation des énergies fossiles, dont la densité énergétique est élevée.

kilo. La densité énergétique du charbon est environ de 30 mégajoules par kilo, et celle du pétrole de 42 mégajoules par kilo, ce qui est encore mieux. Pour une même production d'énergie, 3 kg de biomasse équivalent à 1 kg de pétrole. Pour chaque litre de combustible fossile, nous devons produire 1,5 litre de biocarburant. En soi, le problème n'est pas insurmontable mais les conséquences en matière de production, de traitement, d'infrastructure et de stockage ne sont pas négligeables. Un pétrolier transporte beaucoup plus d'énergie qu'un navire de même taille transportant du bois. Le charbon est tiré du sol ; c'est de la biomasse transformée par la nature il y a des millions d'années. L'exploitation des combustibles fossiles est efficace parce que nous pouvons tirer une quantité énorme d'énergie à partir des stocks souterrains existants. La biomasse, elle, est produite en surface, à un rendement de 1 W par mètre carré. L'énergie éolienne et l'énergie produite par les centrales hydrauliques, quant à elles, sont produites à un rendement de 10 W/m². Les combustibles fossiles, du fait de leur concentration, fournissent de 100 à 1000 W/m². Dans un environnement où pour chaque mètre carré, il existe plusieurs utilisations possibles, l'énergie fossile présente un avantage certain.

L'infrastructure actuelle de nos maisons, de nos bâtiments et de nos routes est basée sur le système d'utilisation des énergies fossiles, dont la densité énergétique est élevée. Si nous voulons pourvoir l'infrastructure actuelle avec de l'énergie solaire par exemple, les désavantages d'une faible densité énergétique apparaissent rapidement. Une maison privée peut fonctionner sur l'électricité solaire en couvrant le toit de panneaux solaires ; c'est une option réalisable. Pour un supermarché, la surface nécessaire pour placer les panneaux solaires en suffisance est d'au moins dix fois la surface du toit. Et pour un immeuble, la surface énergétique nécessaire est des centaines de fois voire mille fois supérieure à la surface du toit.

STOCKAGE DE L'ÉNERGIE

Les produits énergétiques fossiles peuvent être stockés et transbordés. Mais parmi les sources d'énergie renouvelable, seules la biomasse et l'énergie hydraulique offrent des possibilités intrinsèques de stockage. On ne peut pourtant pas élever à l'infini le niveau de l'eau derrière une digue. Et de leur côté, la biomasse et les biocarburants sont menacés de pourriture. L'électricité éolienne et l'énergie solaire peuvent être stockées dans des systèmes de pompage ou de batteries mais pour cela, des investissements supplémentaires sont nécessaires, et il faut en tenir compte dans le prix de production moyen.

TAUX D'UTILISATION

Les combustibles fossiles sont, au sens propre, des réserves d'énergie stockée ; ils sont transformés dans des centrales qui peuvent fonctionner jusqu'à 80% du temps. Qui dit mieux ?

Les éoliennes ne fonctionnent à plein régime qu'entre 73 et 91 jours par an.

Le système d'utilisation des énergies fossiles a négligé le système d'utilisation de l'énergie renouvelable qu'est la biomasse.

Dans le système actuel d'utilisation des énergies fossiles, la consommation d'énergie est élevée en permanence. En plus des fluctuations logiques de la demande d'énergie, la demande d'électricité baseload a augmenté au cours des dernières décennies. La meilleure réponse à la forte demande d'électricité baseload est apportée par des combustibles denses en énergie et simples à stocker pour des centrales avec un degré d'utilisation ou un facteur de capacité élevé. Les combustibles fossiles sont au sens propre, des réserves d'énergie stockée ; ils sont transformés dans des centrales qui peuvent fonctionner 80 à 90% du temps. Qui dit mieux ?

Le facteur de capacité des centrales nucléaires est supérieur à 90%, ce qui signifie qu'elles peuvent générer une production d'électricité baseload pendant une grande partie de l'année. Tandis que le soleil, tout comme le vent, doit être utilisé lorsqu'il y en a. Le facteur de capacité de la plupart des éoliennes du Danemark, d'Allemagne et d'Espagne se situe entre 20 et 25%. Autrement dit, les éoliennes ne fonctionnent à plein régime qu'entre 73 et 91 jours par an. Ce n'est pas exactement une option intéressante pour la production d'électricité baseload. À terme, il doit bien sûr être possible de limiter fortement notre demande d'électricité baseload. Cette limitation de la demande se trouve dans tous les modèles présentés dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, mais le scénario BLUE, particulièrement ambitieux, indique lui aussi qu'en 2050, il faudra toujours une production très importante d'électricité baseload à partir d'énergies fossiles.

Ce survol montre clairement que ce n'est pas par hasard si le système d'utilisation des énergies fossiles a négligé le système d'utilisation de l'énergie renouvelable que représente la biomasse.

LA RÉGLEMENTATION ACCROÎT L'EFFICACITÉ

Le système actuel d'utilisation des énergies est une conséquence des forces du marché libre. Au cours des dernières décennies, elles ont été de plus en plus soumises à toutes sortes de régulations, d'impôts, de mécanismes de subventions, de prescriptions technologiques et de formes de protectionnisme. Le système actuel d'utilisation des énergies fossiles est donc le résultat d'un fonctionnement de marché fort marqué par

Des corrections du marché, imposées par le gouvernement, ont forcé le système d'utilisation des énergies fossiles à constamment gagner en efficacité.

différentes perturbations et corrections. Cela n'a rien de sensationnel. Toutes les activités économiques ne sont-elles pas taxées ou régulées d'une manière ou d'une autre ?

Ces corrections du marché ont forcé le système d'utilisation des énergies fossiles à constamment gagner en efficacité. L'imposition de taxes augmente le prix pour le consommateur final et de ce fait, la demande diminue. Réguler en matière d'environnement peut avoir des répercussions financières semblables. Seule une efficacité plus grande – plus de résultats pour chaque unité entrée – permet de restreindre tant les émissions de carbone que les répercussions financières des taxes pour le consommateur final.

Il semble que malgré la réglementation existante, le système d'utilisation des énergies fossiles demeure sans problème le système dominant. Il n'y a pas de quoi s'étonner car le régulateur n'a jamais eu l'intention de faire disparaître ce système. Ce sont surtout les conséquences néfastes pour l'environnement qui font l'objet des mesures correctrices.

07

L'INEFFICACITÉ EST-ELLE
UNE GARANTIE POUR
LA DOMINATION ?



Le système fossile n'est pas du tout efficace. C'est assez paradoxal, mais cela veut dire que, pour un prix relativement peu élevé, ce système offre un grand potentiel futur de réduction du CO₂. Entre les différentes technologies utilisant des énergies renouvelables, il y a de grandes différences dans le coût de réduction du CO₂. L'énergie hydraulique et le biogaz offrent des options bon marché de réduction du CO₂, tandis que pour les panneaux solaires, les prix sont encore excessifs à l'heure actuelle.

Sur le plan de l'efficacité se creuse un fossé de plus en plus profond entre les installations fossiles les plus anciennes et les plus récentes.

Les technologies utilisant des énergies alternatives qui existeront dans un avenir éloigné restent incertaines, tandis que nous savons avec certitude que l'actuel système d'utilisation des énergies fossiles peut connaître d'énormes améliorations en matière d'efficacité.

Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles dominent, mais ils sont soumis à une concurrence interne.

Le rendement des centrales au charbon est passé de 35% en 1980 à 46% environ en 2008.

Le coefficient en capital du système énergétique actuel est très élevé. Les installations une fois construites sont donc utilisées pendant le plus grand nombre d'années possible. Il n'est pas rare qu'une centrale au charbon ait plus de cinquante ans. Mais pendant la longue période au cours de laquelle ces actifs sont utilisés, la dynamique technologique, de son côté, évolue. Sur le plan de l'efficacité se creuse un fossé de plus en plus profond entre les plus anciennes installations fossiles et les plus récentes. On peut donc conclure, avec raison, qu'une partie du système d'utilisation des énergies fossiles est particulièrement inefficace et bien dépassé. Mais est-ce un problème ou bien est-ce précisément une opportunité ?

La transition énergétique se lance dans une exploration de l'inconnu avec d'énormes incertitudes. De nombreuses incertitudes planent encore sur les technologies utilisant des énergies alternatives qui existeront dans un avenir éloigné, alors que nous savons avec certitude que l'actuel système d'utilisation des énergies fossiles peut connaître d'énormes améliorations en matière d'efficacité. Il suffit de fermer les vieilles installations et de les remplacer par les meilleures technologies actuellement sur le marché. Et en 2050, les meilleures centrales thermiques seront encore plus efficaces.

La facilité des bénéfices d'efficacité représente un atout de taille pour les systèmes d'utilisation des énergies fossiles, certainement lorsque les investisseurs doivent comparer les projets d'utilisation des énergies fossiles et non fossiles. Et les euros affectés à des améliorations de l'efficacité des systèmes ne peuvent être utilisés qu'une fois, pour l'utilisation d'une énergie soit fossile soit non fossile.

PROPRE ET FOSSILE : LE CHARBON

Les systèmes fossiles dominent, mais ils sont soumis à une concurrence interne. Si le rendement des centrales à gaz s'améliore de manière spectaculaire, les centrales au charbon devront suivre sous peine de voir leur part de marché diminuer. Les améliorations en matière de rendement peuvent aussi, en principe, compenser une partie de la hausse des coûts des combustibles et ainsi garantir l'attrait des systèmes fossiles.

Le rendement des centrales au charbon est passé de 35% en 1980 à 46% environ en 2008, ce qui représente une amélioration relative du rendement d'environ 31%. L'AIE prévoit un rendement d'environ 50% dans les prochaines décennies. E.ON, dans le cadre de son projet COMTES700, prévoit de construire d'ici 2014 un projet pilote de 400 MW avec un rendement de 50%.

Avec captage et stockage du CO₂, le rendement des meilleures centrales au charbon en 2050 diminuera pour passer de plus de 50% à environ 44%.

Les centrales au charbon antérieures à 1975 fonctionnant encore aujourd'hui en Europe, aux États-Unis et dans le reste du monde sont au nombre de plusieurs centaines. Dans certains pays, le nombre de centrales au charbon antérieures à 1965 est effrayant. Comme la part de marché des centrales au charbon les plus efficaces demeure relativement faible, l'AIE estime que le rendement moyen du parc actuel des centrales au charbon est de 37%. Dans le scénario tablant sur le *statu quo* présenté dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, ce rendement moyen va atteindre 40% d'ici 2050. Dans le scénario BLUE, le rendement moyen sera légèrement supérieur à 50% en 2050. Il s'agit de rendements pour des centrales au charbon sans captage et stockage du CO₂. Avec captage et stockage du CO₂, le rendement des meilleures centrales au charbon en 2050 diminue pour passer de plus de 50% à environ 44% , ce qui représente une perte de rendement d'environ 10%. L'amélioration du rendement de 35% sans captage et stockage du CO₂ n'est d'ailleurs réalisable que si toutes les vieilles centrales sont mises à l'arrêt de sorte que le charbon ne soit brûlé que de la manière la plus efficace.

Le remplacement de ces centrales au charbon vieilles et inefficaces par les centrales les plus récentes peut donc permettre d'importantes améliorations de l'efficacité et avoir pour conséquences une diminution de la demande de charbon et une diminution des émissions de CO₂. Cependant, si le rendement s'est amélioré de 35% entre 1980 et 2008, les émissions de CO₂ n'ont pas connu une diminution globale de 35%. En Occident, les centrales au charbon les plus vieilles ne sont certainement pas utilisées de manière continue. Pour la production continue d'électricité baseload, les producteurs d'électricité utilisent les centrales les plus efficaces.

Les avantages écologiques des investissements dans les centrales au charbon les plus efficaces ou dans la modernisation des centrales au charbon les plus anciennes ne peuvent pas être simplement méprisés. D'après ALSTOM, si toutes les centrales au charbon de plus de trente ans sont remplacées au cours des vingt prochaines années par les technologies les plus modernes d'utilisation du charbon, les émissions annuelles de CO₂ diminueront de plus d'un milliard de tonnes par an. C'est loin d'être négligeable. La réduction de la pollution conventionnelle lors de la production d'électricité y est aussi comptée. Si ces nouveaux projets sont pourvus de systèmes permettant de capter le CO₂ puis de le stocker, la réduction potentielle des émissions est encore beaucoup plus importante. Selon Euracoal, cette technologie sera disponible à partir de 2020. Le secteur du charbon est donc confiant dans l'avenir.

Le remplacement des vieilles centrales au charbon est un processus lent. Chaque année, environ 2 à 3% de la capacité installée est remplacée par la technologie à la pointe du progrès.

Or, tout retard dans le remplacement d'une technologie inefficace par une technologie efficace présente un « coût d'opportunité écologique ».

Selon Eurocoal, le coût de réduction du CO₂ lors de la construction d'une nouvelle centrale au charbon se situe entre 14 et 21 euros par tonne.

Le remplacement des vieilles centrales au charbon est un processus lent. Chaque année, près de 2 à 3% de la capacité installée est remplacée par la technologie à la pointe du progrès. La construction d'une nouvelle centrale dure quelques années et dans bon nombre de pays, les investisseurs doivent d'abord traverser une période longue et compliquée pour l'obtention des permis. En outre, la capacité de livraison est pour le moment très limitée. Par conséquent, dans certains pays, les décideurs ne prennent simplement aucune décision, de sorte qu'il n'est même pas possible de planifier des investissements dans le remplacement. Or, tout retard dans le remplacement d'une technologie inefficace par une technologie efficace présente un « coût d'opportunité écologique ».

RÉDUCTIONS DU CO₂ À FAIBLE COÛT

Les pays où existent de nombreuses centrales au charbon vieilles et inefficaces ont, par définition, un grand potentiel de réductions du CO₂ à faible coût. Euracoal – qui n'est précisément pas une organisation sans intérêts à défendre – présente, dans le tableau ci-dessous, le coût de différentes technologies de réduction du CO₂ sur la base de calculs effectués par la RWE et par la DEBRIV. Ces chiffres correspondent à ce que l'on retrouve dans la littérature (voir plus loin). Ils méritent donc que l'on s'y arrête. Il s'avère que le coût de réduction du CO₂ lors de la construction d'une nouvelle centrale au charbon est de 14 à 21 euros par tonne. La modernisation d'une vieille centrale au charbon conduirait à un coût de réduction du CO₂ encore plus faible, à savoir de 5 à 10 euros par tonne. La publication d'Euracoal ne le mentionne pas explicitement mais ces calculs se basent sur l'hypothèse selon laquelle les centrales au charbon, nouvelles ou modernisées, se situent toujours à l'emplacement des anciennes centrales au charbon. Le calcul du coût de réduction pour de nouvelles centrales au charbon, tel que repris dans le tableau 3-4, n'est donc pas pertinent pour des pays où il n'y a pas de centrales au charbon. Si les centrales nucléaires belges étaient remplacées par de nouvelles centrales au charbon sans captage et stockage de CO₂, les émissions de CO₂ augmenteraient fortement, et le coût global de réduction du CO₂ pour la Belgique augmenterait en conséquence. Il ressort de cette étude que choisir des technologies utilisant des énergies renouvelables entraîne une forte augmentation des coûts de réduction si on compare avec le remplacement des vieilles centrales au charbon. Les panneaux solaires en particulier, semblent entraîner de coûteuses réductions de CO₂. Ces chiffres sont basés sur le

Ne pas investir dans les centrales au charbon modernes mais dans de coûteuses technologies utilisant des énergies renouvelables entraîne donc une facture de la politique climatique d'un montant beaucoup plus élevé.

contexte allemand. Dans le tableau 3-5, ils sont comparés avec nos propres calculs des coûts de réduction du CO₂ en Allemagne. En bref, Eurocoal affirme que les centrales au charbon modernes fournissent la solution la moins chère pour les objectifs de réduction du CO₂. Ne pas investir dans les centrales au charbon modernes mais dans de coûteuses technologies utilisant des énergies renouvelables entraîne donc une facture de la politique climatique d'un montant beaucoup plus élevé.

TABLEAU 3-4 : COÛT DE RÉDUCTION EN EURO PAR TONNE DE CO₂ POUR QUELQUES OPTIONS TECHNOLOGIQUES

Options technologiques	Euro/ tonne CO ₂
Retrofit – moderniser d'anciennes centrales à charbon	5-10
Nouvelles centrales à charbon	14-21
Centrales hydrauliques	33-43
Cogénération	45-60
Eoliennes	60-70
Captage de CO ₂	40-70
Panneaux solaires	500-600

SOURCE: EUROCOAL (2005). CLEAN COAL – A STRATEGY IN REVIEW, p.10

Du point de vue de la société, la priorité absolue dans la politique climatique et environnementale est d'investir dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique.

Le tableau 3-4 donne des informations exactes et pertinentes à propos du problème du CO₂. Mais tout tableau est un reflet sélectif de la réalité parce que le lecteur ne sait pas toujours quelles sont les options qui ont été écartées de la comparaison. Ainsi, il existe des centaines d'autres options technologiques pour limiter les émissions de CO₂. Du point de vue de la société, la priorité absolue dans la politique concernant le climat et l'environnement est d'investir dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique. Le coût de réduction du CO₂ des bons projets en matière d'efficacité peut être négatif car les économies de combustibles dépassent l'investissement initial.

COÛT DE RÉDUCTION DU CO₂ POUR UNE TECHNOLOGIE UTILISANT UNE ÉNERGIE RENOUVELABLE

Mais que sait-on de la réduction du CO₂ comme conséquence de l'aide récente aux technologies utilisant des énergies renouvelables ? À ce propos, il convient d'observer la situation allemande.

L'Allemagne est l'un des rares pays où le coût de réduction du CO₂ par technologie utilisant une énergie renouvelable se calcule de manière transparente.

TABLEAU 3-5 : COÛT DE RÉDUCTION PAR TECHNOLOGIE UTILISANT DE L'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN ALLEMAGNE (2006)

	Electricité (mrd kWh)	Réduction CO ₂ (mill.de tonnes)	Coûts feed-in (mill. d'€)	Solde des coûts Feed-in (mill. d'€)	Coûts Feed-in par tonne de CO ₂
Energie hydraulique	4,92	22,522	366,6	128,0	5,68
Gaz (bio, mines, déchets)	2,79	3,303	195,6	60,3	18,25
Biomasse	10,9	12,796	1337,4	808,7	63,20
Eolien (on-shore)	30,71	26,47	2733,8	1244,2	47,00
Photovoltaïque (PV)	2,22	1,516	1176,8	1069,1	705,22

SOURCE: CALCULS BASÉS SUR LE TABLEAU 1-1 DANS BMU (2007). RENEWABLE ENERGY SOURCES ACT (EEG) PROGRESS REPORT 2007

Le tableau 3-5 donne un aperçu du coût de réduction du CO₂ en divisant le coût des incitations allemandes à la production de l'énergie renouvelable – l'ensemble de l'aide par les tarifs de rachat, en millions d'euros – par le nombre total de tonnes de CO₂ évitées grâce aux technologies utilisant des énergies renouvelables. Sans l'aide par les rachats, il n'y aurait d'ailleurs pas de production d'électricité renouvelable, et les émissions de CO₂ seraient plus élevées. Le calcul du tableau 3-5 se base sur les informations officielles des autorités allemandes publiées dans le rapport annuel d'avancement concernant l'énergie renouvelable. La quatrième colonne du tableau 3-5 donne la composition de l'ensemble de l'aide fournie par les tarifs de rachat, soit un montant de 5,8 milliards d'euros en 2006. Cette aide n'était cependant pas égale au coût net du mécanisme parce que les gestionnaires de réseau pouvaient diminuer de 2,5 milliards d'euros leur achat d'électricité fossile. Le solde de l'aide par les tarifs de rachat, dans l'avant-dernière colonne du tableau 3-5, a été calculé en soustrayant de l'aide totale par tarifs de rachat, soit 5,8 milliards d'euros, les 2,5 milliards d'économies au niveau des achats. Par technologie, on soustrait de l'aide par rachats un pourcentage des économies au niveau des achats égal à la part de la technologie dans l'électricité renouvelable produite, donnée dans la colonne 2. L'éolien terrestre a produit, en 2006, 59,6% de l'électricité renouvelable. Une part de même importance des économies au niveau des achats d'électricité fossile, soit 59,6% de 2,5 milliards d'euros, est soustraite de l'ensemble de l'aide par rachats pour l'éolien. Le solde de 1,244 milliard d'euros est alors divisé par le nombre de tonnes de CO₂ évitées (donné à la colonne 3) afin de pouvoir calculer pour chaque technologie, dans la dernière colonne, le montant net de l'aide par rachat par tonne de CO₂ évitée.

Des projets hydrauliques permettent de réduire les émissions de CO₂ pour un coût de réduction très faible. C'est aussi le cas de projets de biogaz.

Investir dans l'énergie éolienne est sans aucun doute une stratégie climatique relativement efficace en termes de coûts.

Pour le photovoltaïque ou les panneaux solaires, le coût de réduction par tonne de CO₂ évitée est excessivement élevé.

Il ressort du tableau 5-3 que les projets hydrauliques permettent de réduire les émissions de CO₂ pour un très faible coût (inférieur à 6 euros par tonne de CO₂). Les projets d'utilisation du gaz permettent aussi de réduire les émissions pour un coût très acceptable. Un coût de réduction de 18,25 euros est même inférieur au prix actuel des droits d'émissions de CO₂.

Pour l'énergie éolienne, le coût de réduction du CO₂ en Allemagne est de 47 euros par tonne. Investir dans l'énergie éolienne est donc sans aucun doute une stratégie climatique relativement efficace en termes de coûts. 47 euros par tonne est naturellement une moyenne qui ne reflète pas les différences entre les diverses éoliennes utilisées. Ce chiffre suggère un coût de réduction du CO₂ très faible pour les éoliennes les plus récentes aux emplacements les plus favorables. Pour les plus anciennes éoliennes placées dans des zones où le vent n'est pas optimal, le coût de réduction sera beaucoup plus élevé.

Le tableau 3-5 montre aussi que parmi les mesures prises en matière de climat, l'électricité fournie à partir de la biomasse semble être plus onéreuse que l'énergie éolienne. Mais pour le photovoltaïque ou les panneaux solaires, le coût de réduction par tonne de CO₂ évitée est excessivement élevé. En Allemagne, le coût de réduction pour le photovoltaïque est de 705 euros par tonne de CO₂ évitée, ce qui est quinze fois plus élevé que pour l'éolien terrestre. On ne peut actuellement faire la promotion des investissements dans le photovoltaïque en affirmant que cette mesure prise en matière de climat est efficace en termes de coûts. Lorsque l'Allemagne réserve 10 millions d'euros pour soutenir l'électricité produite à partir de modules photovoltaïques, il en résulte une réduction de CO₂ de 14.184 tonnes. Si le même montant est attribué à l'électricité produite à partir d'éoliennes, la réduction de CO₂ est de 212 765 tonnes.

PROPRE ET FOSSILE : LE GAZ

Pour les centrales à gaz, les améliorations en matière de rendement sont nettement plus importantes que pour les centrales au charbon. Les technologies utilisant du gaz ont connu une rapide évolution et aujourd'hui, le parc de centrales à gaz se retrouve ainsi très diversifié. En 1980, une centrale à gaz avait un rendement d'environ 35%. En 2000, le rendement des meilleures centrales se situait entre 50 et 52%, alors

Le rendement des centrales à gaz est passé de 35% en 1980 à 58% aujourd'hui, soit une augmentation de 65%.

Pour les centrales à gaz, le captage et stockage du CO₂ est responsable d'une perte de rendement de 25%.

En raison de la lutte concurrentielle au sein des systèmes d'utilisation des énergies fossiles, les technologies utilisant des énergies renouvelables doit être comparées avec les futures technologies utilisatrices d'énergie fossile, plus efficaces.

qu'aujourd'hui, celui des centrales actuelles les plus efficaces est d'environ 58%. Ceci représente ainsi une amélioration relative du rendement de pas moins de 65%. Selon l'AIE, le rendement moyen du parc des centrales à gaz en 2005 était d'environ 45%. L'AIE prévoit un rendement moyen pour le parc gazier de 62% selon le scénario tablant sur le *statu quo* en 2050. Avec le scénario BLUE, le rendement moyen du parc gazier en 2050 sera de 68%. Si le stockage et le captage de CO₂ sont couplés à ces centrales à gaz, le rendement moyen tombe à 50% dans le scénario BLUE. Pour les centrales à gaz, le captage et le stockage du CO₂ sont responsables d'une perte de rendement de 25%. Cette différence avec la perte de rendement pour les centrales au charbon suggère qu'il vaut mieux limiter le captage et le stockage du CO₂ aux centrales au charbon.

Les centrales à gaz avec un rendement de 68% peuvent mener, en quelques dizaines d'années, à une forte réduction des émissions de gaz à effet de serre.

En raison de la lutte concurrentielle au sein des systèmes d'utilisation des énergies fossiles, les technologies utilisant des énergies renouvelables pour la production d'électricité doivent non seulement être compétitives face aux technologies actuelles utilisant des énergies fossiles et de l'énergie nucléaire, mais devront aussi être comparées avec les futures technologies utilisant de l'énergie fossile les plus efficaces. Par conséquent, il n'est pas si simple d'estimer quand une technologie utilisant une énergie renouvelable peut devenir aussi rentable que les technologies utilisant des énergies fossiles.

CONCURRENCE

Dès qu'une technologie compétitive disparaît du marché (par exemple par décision des autorités), la dynamique technologique dans son ensemble risque de ralentir, voire de s'arrêter. Dans bon nombre de pays, les autorités jouent avec l'idée d'encourager fortement les investissements dans les centrales au charbon en raison des émissions de CO₂ relativement élevées par kWh. À cet égard se pose la question de savoir si l'on tient compte du profil des émissions des centrales au charbon les plus modernes et du couplage futur aux systèmes de captage et stockage de CO₂. Dans la négative, le choix des autorités est arbitraire. Une taxation simple sur le CO₂ laisserait cette sélection au marché et obligerait toutes les entreprises technologiques à constamment innover.

L'élimination arbitraire des centrales au charbon donne cependant une position de force à ceux qui offrent des technologies utilisant le gaz, ce qui fait que la nécessité de

L'élimination arbitraire des centrales au charbon donne une position de force hors d'atteinte à ceux qui offrent des technologies utilisant du gaz, et il ne leur est plus utile d'améliorer l'efficacité.

procéder à des améliorations sur le plan de l'efficacité s'estompe partiellement voire totalement. Quelle technologie peut en effet encore menacer la centrale à gaz ? Avec la disparition de la centrale au charbon, la demande de centrales à gaz va croître fortement, ce qui entraînera l'allongement des temps de livraison. Les producteurs de centrales à gaz seront tellement occupés par l'extension de la capacité de production qu'ils ne pourront accorder que peu d'attention à la poursuite des améliorations du rendement.



PROPOSITION

Une politique de transition efficace en termes de coûts est basée sur la concurrence entre différentes options de réduction du CO₂, depuis les économies d'énergie jusqu'aux technologies utilisant des énergies renouvelables en passant par l'efficacité fossile. De ce fait, le coût de la transition peut être limité.

PROPOSITION

Les mesures d'aide pour les technologies utilisant des énergies renouvelables doivent tenir compte du coût de réduction du CO₂ par technologie et de la perspective de diminution de ce coût. Il n'est pas logique de faire la promotion d'une technologie dont le coût de réduction est très élevé si l'on veut être efficace en matière de politique de transition ou de politique climatique.

08

CONCLUSIONS



L'énergie renouvelable a un potentiel énorme. L'utilisation maximale de ce potentiel dépend surtout de la victoire sur les barrières non économiques que présentent les marchés et de l'intégration dans les réseaux et systèmes existants.

Mais les systèmes utilisant les énergies fossiles restent dominants. Pour les énergies fossiles, la densité énergétique, le stockage de l'énergie et des facteurs de capacité élevés constituent de précieux atouts. Paradoxalement, cela veut dire que la faible efficacité actuelle du parc « fossile » est justement un excellent atout. Le remplacement de vieilles centrales par les toutes nouvelles technologies utilisant les énergies fossiles entraîne des bénéfices d'efficacité trop élevés pour ne pas en profiter.

Le développement futur de la capacité renouvelable dépendra surtout de la victoire sur les barrières non économiques et de l'intégration dans les réseaux et systèmes existants.

L'énergie renouvelable présente un potentiel énorme, même à court terme. En raison des prix de l'électricité relativement élevés de 2008, les meilleurs projets d'utilisation des énergies renouvelables ont un prix concurrentiel même sans subsides. Les subsides importants à la production – qui dans la plupart des pays, n'entraînent pas d'investissements massifs – permettent surtout de réaliser des marges bénéficiaires élevées. Depuis lors, les prix de l'électricité sont moins élevés, de sorte que de petits subsides à la production demeurent nécessaires.

Le développement futur de la capacité renouvelable dépendra surtout de la victoire sur les barrières non économiques et de l'intégration dans les réseaux et systèmes existants. Il est frappant de constater que cette nécessaire intégration des systèmes semble impossible au Danemark, pays pionnier en la matière: plus aucune nouvelle éolienne n'y a été installée après l'an 2000. Le Danemark est responsable d'une curiosité économique, celle d'y avoir de l'électricité produite par des éoliennes vendue à un prix négatif. Il n'est pas étonnant de voir que les Danois, qui ont d'abord payé les subsides à la production à un montant élevé, ne sont pas particulièrement satisfaits de ces transferts financiers vers la Norvège et la Suède. Une meilleure intégration des systèmes sera déterminante pour le développement futur de la capacité renouvelable.

L'AIE indique, dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, que l'énergie renouvelable a un rôle important à jouer. Dans ces analyses, les valeurs du carbone provoquent des investissements massifs dans les technologies utilisant des énergies renouvelables. Les subsides à la production, actuellement élevés, sont bien supérieurs aux coûts de réduction moyens, ou valeurs du carbone, dans les scénarios présentés dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008*, mais ils paraissent insuffisants ou inadéquats pour qu'à l'horizon 2020, le potentiel disponible soit utilisé dans presque tous les pays de l'OCDE. Le rapport *Deploying Renewables* permet de tirer la conclusion que les analyses présentées dans *Perspectives des technologies de l'énergie 2008* sont très optimistes sur le plan technologique et qu'il n'est pas exclu que la transition se déroule à un rythme moins soutenu. Mais reporter n'est pas annuler.

Pratiquement toutes les analyses – de l'AIE, mais aussi d'autres groupes de recherche – confirment que les systèmes d'utilisation des énergies fossiles domineront encore longtemps le paysage énergétique. Ce n'est pas un hasard. Il est vrai que les systèmes d'utilisation des énergies fossiles présentent des avantages. C'est ainsi qu'il y a 150 ans, ils ont commencé à prendre le pas sur les systèmes d'utilisation des énergies renouvelables, qui jusqu'alors, dominaient le paysage énergétique. Parmi les précieux atouts propres

La dominance future des systèmes d'utilisation des énergies fossiles est pratiquement certaine en raison de la faible efficacité actuelle du parc « fossile ».

aux énergies fossiles, citons la densité énergétique, le stockage de l'énergie et des facteurs de capacité élevés lors de la transformation des sources d'énergie fossile en services relatifs à l'énergie. Les technologies utilisant des énergies renouvelables ne disposent pas de ces atouts, mais présentent bien sûr d'autres avantages.

La dominance future des systèmes d'utilisation des énergies fossiles est pratiquement certaine en raison de la faible efficacité actuelle du parc « fossile ». Les centrales fossiles sont utilisées très longtemps, et les centrales disponibles pour le remplacement ont de bien meilleurs rendements. De ce fait, il sera possible de produire autant d'énergie en utilisant moins de combustibles et donc avec moins d'émissions. Par conséquent, les investissements dans les centrales fossiles les plus efficaces permettent de réduire les émissions de CO₂, et ce à un prix relativement économique. Une fois que les décideurs auront tout à fait opté pour une transition efficace en termes de coûts, les systèmes d'utilisation des énergies fossiles pourront jouer cet atout. Tous les investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique offrent des options de réduction du CO₂ meilleur marché. C'est peut-être bien l'inefficacité actuelle du parc « fossile » qui garantit la domination des systèmes d'utilisation des énergies fossiles. On entre dans une époque passionnante.



PARTIE 4

**LES CONDITIONS DE
LA TRANSITION**



La transition peut réussir si les éléments suivants sont rassemblés :

- la transition énergétique devient un projet global ;
- le secteur privé est mobilisé ;
- la dimension systémique du système énergétique prime sur la priorité accordée à certaines technologies d'offre d'énergie sans carbone ;
- les budgets pour la recherche et le développement sont rétablis de toute urgence ;
- des budgets plus élevés pour la recherche et le développement prévoient aussi des incitants pour diverses expériences de faibles dimensions faisant ultérieurement l'objet d'une évaluation approfondie ;
- on réinvestit aussi dans des technologies utilisant des énergies plus efficaces ;
- l'impact de l'actuelle politique d'aide sur la dynamique technologique est mieux évalué ;
- toutes les options technologiques sont utilisées les unes contre les autres, et les autorités n'imposent pas de sélectivité technologique ;
- l'efficacité est valablement rétribuée, ce qui veut dire en visant le coût de réduction du CO_2 ;
- en plus de l'instrument des prix, une aide particulière pour la recherche et le développement a été prévue pour les technologies naissantes ;
- l'instrument des prix est utilisé pour rendre possible les transferts des pays riches vers les pays pauvres ;
- un regard pragmatique sur la fiscalité de l'énergie est central dans le débat sur la transition énergétique ;
- la communication se déroule de manière transparente à propos des avantages et inconvénients de chaque technologie ou de l'option de réduction ;
- la politique vise les résultats de la transition au lieu de viser les effets d'aubaine dissimulés destinés aux catégories de revenus élevés ;
- les arguments des lobbyistes sont confrontés à la réalité ;
- l'imprévisibilité de la transition est acceptée.

La réussite de la transition énergétique peut se réaliser à des conditions très précises. Si l'on ne tient pas compte de ces conditions, la transition sera plus délicate. La dynamique et la portée de la transition dépendent de l'évolution des prix du pétrole, du gaz naturel, du charbon et de l'uranium, évolution qui est imprévisible.

Cette partie traite des conditions les plus importantes de la transition et apporte des commentaires sur la manière dont les responsables politiques peuvent s'y préparer et y réagir. Elle se penche aussi sur les options stratégiques à éviter. Une grande attention est accordée à la dimension globale de la transition énergétique, à l'esprit de système qu'il est nécessaire d'avoir et aux mesures incitatives.

1^{RE} CONDITION DE LA TRANSITION : LES BUDGETS POUR LA RECHERCHE ET LE DÉVELOPPEMENT DOIVENT ÊTRE RÉTABLIS DE TOUTE URGENCE POUR LA RECHERCHE EN MATIÈRE D'ÉNERGIE.

La recherche et l'innovation sont essentielles dans pratiquement tous les débats sur la compétitivité et la mondialisation. Pour le secteur de l'énergie également, les innovations et les améliorations de la productivité sont d'une importance capitale. L'intérêt pour la politique climatique internationale, d'une part, et l'augmentation des prix des énergies fossiles depuis 1999, d'autre part, semblent être deux arguments puissants pour investir massivement dans la recherche sur les technologies utilisant des énergies.

Sans ces investissements, les innovations technologiques importantes dans le domaine énergétique mettront très longtemps à arriver sur le marché. Il semblerait donc logique que l'énergie soit déterminante dans l'ensemble des dépenses de recherche et développement, que ce soit pour des améliorations d'efficacité ou pour de nouvelles technologies, pour de nouvelles sources d'énergie ou pour de nouvelles composantes de système. Mais c'est l'inverse qui se passe. Entre 1980 et 1997, les dépenses totales pour la recherche et le développement dans le domaine énergétique ont diminué dans les 27 pays de l'OCDE membres de l'AIE, passant de 18 milliards de dollars à 8 milliards de dollars. La figure 4-1 montre qu'après 1997, le total des dépenses de recherche et développement dans le domaine énergétique est remonté à environ 10 milliards de dollars. Au cours de la même période, l'ensemble des dépenses de recherche et

Entre 1980 et 1997, les dépenses totales pour la recherche et le développement dans le domaine énergétique ont diminué dans les pays de l'OCDE, passant de 18 à 8 milliards de dollars.

développement a cependant considérablement augmenté. Les technologies de l'information et la biotechnologie avaient effectivement droit à leur part dans l'ensemble des budgets de recherche et développement. De ce fait, la part relative de la recherche et du développement dans le domaine de l'énergie est passée de 11% en 1985 à 3% en 2005.

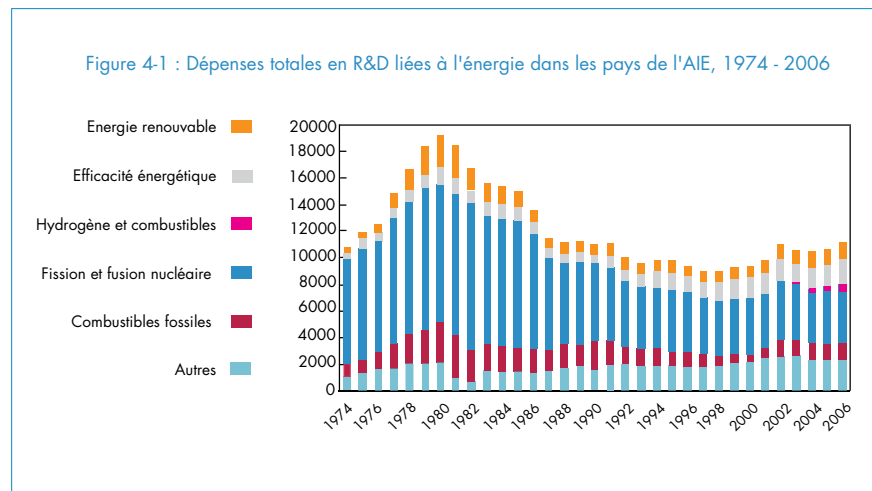
L'évolution de ces chiffres dépend fortement des choix stratégiques des principaux pays. Ainsi, les États-Unis et le Japon représentent encore aujourd'hui 70% de l'ensemble des dépenses de recherche et développement dans le domaine de l'énergie. Si ces pays y mettent un frein, le total des dépenses de recherche et développement diminuera fortement. La plupart des pays de l'OCDE ont investi en moyenne environ 0,03% de leur PIB dans la recherche sur l'énergie au cours des quinze dernières années. Le Japon est une exception remarquable, avec 0,09% de son PIB investi annuellement dans la recherche et le développement en matière d'énergie. L'AIE fait observer que les pays européens membres de l'AIE ont prévu dans la stratégie de Lisbonne d'affecter 3% du PIB à la recherche et au développement d'ici 2010, mais que cette intention ne se concrétise pas. Tous les pays développés doivent donc fortement augmenter leurs dépenses de recherche et développement, et en particulier pour la recherche dans le domaine de l'énergie, afin de réaliser les objectifs ambitieux de la politique climatique et de la transition énergétique.

La figure 4-1 donne aussi la ventilation des dépenses de recherche et développement dans le domaine de l'énergie. La moitié est encore consacrée à la fission nucléaire et à la fusion nucléaire. Au niveau mondial, il est frappant de voir qu'il y a peu de recherche dans les améliorations de l'efficacité énergétique, alors que ce sont précisément ces investissements qui ont le plus de retombées positives. Illustration qu'un marché libre ne s'aligne pas toujours spontanément sur les priorités d'une politique énergétique ou climatique efficace en termes de coûts. Et les technologies utilisant des énergies renouvelables reçoivent encore moins de moyens. Il est assez étonnant de constater que, malgré ces sous-investissements, l'énergie éolienne ait tout de même réussi à se faire une place dans le paysage énergétique des pays les plus riches. En 1980, les pays les plus riches investissaient beaucoup plus qu'en 2006 dans la recherche et le développement dans le domaine des énergies renouvelables. 2006, c'est quatorze ans après la Convention-Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), adoptée en 1992, et neuf ans après le Protocole de Kyoto, adopté en 1997.. Le dynamisme de la trajectoire de croissance des dépenses totales pour la recherche et

La plupart des pays de l'OCDE ont investi en moyenne environ 0,03% de leur PIB dans la recherche sur l'énergie au cours des quinze dernières années.

Il est assez étonnant que l'énergie éolienne, ne disposant guère d'aide pour la recherche et le développement, ait tout de même réussi à se faire une place dans le paysage énergétique. En 1980, les pays les plus riches investissaient beaucoup plus qu'en 2006 dans la recherche et le développement dans le domaine des énergies renouvelables.

le développement dans le domaine de l'énergie doit figurer parmi les priorités absolues. Il est bien sûr difficile de déterminer le niveau optimal de ces dépenses de recherche et développement, mais il paraît évident qu'il faut retrouver et dépasser le niveau de 1980 le plus rapidement possible.



SOURCE : IEA (2007A)

Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles forment depuis longtemps le pivot du système énergétique, mais ce secteur n'attire guère d'investissements en recherche et développement.

Les fonds publics destinés à la recherche sont d'une importance déterminante pour la transition énergétique parce que le secteur privé sous-investit dans la recherche fondamentale.

La figure 4-1 montre que les dépenses consacrées à la recherche et au développement dans le domaine des énergies fossiles constituent une part très faible, ce qui est plutôt surprenant. Les systèmes d'utilisation des énergies fossiles ont formé le pivot du système énergétique au cours de la période 1974-2006, et cette situation va durer encore quelques dizaines d'années. Les technologies utilisant des énergies fossiles ont donc une grande importance, et, si elles sont plus efficaces, elles peuvent être source de progrès, tant sur le plan économique qu'écologique. Le remplacement des vieilles centrales fossiles par des centrales de dernier cri est une bonne idée, écologiquement parlant. Ce levier d'amélioration de notre système énergétique est resté ces derniers temps largement sous-utilisé, bien qu'il soit le plus important. C'est dommage, mais, d'un autre côté, nous savons ainsi que des améliorations sont possibles.

Les pouvoirs publics ont un rôle important à jouer dans l'augmentation des budgets à affecter à la recherche et au développement. Les fonds publics destinés à la recherche sont d'une importance déterminante pour la transition énergétique parce que le secteur privé sous-investit dans la recherche fondamentale. Il y a plusieurs façons

d'expliquer ce dysfonctionnement du marché. Tout d'abord, des projets ambitieux en matière d'énergie diffèrent fortement des décisions d'investissement habituelles en raison de leur calendrier et de leur profil de risque. Les actionnaires et les financiers visent principalement des résultats sûrs à brève échéance ; ils financent donc peu les investissements d'innovations radicales. Les entreprises privées investissent dans la recherche et le développement principalement si les résultats des recherches peuvent ensuite être traduits en avantages privés suffisamment importants pour permettre de récupérer la mise. Bon nombre d'innovations technologiques ont des effets indirects importants pour la société sans pour autant que les entreprises innovantes ne touchent de contrepartie financière³¹. Si une entreprise développe une technologie ultra-efficace permettant d'éviter des émissions néfastes, elle ne va pas toucher de profit financier équivalent aux coûts de santé économisés. Le prix de la technologie concernée sera déterminé par la confrontation entre les coûts de production et ce que les utilisateurs directs sont disposés à payer. Ce problème des effets positifs externes est surtout important pour la recherche fondamentale, dont il est difficile d'évaluer à l'avance toutes les conséquences possibles. Ainsi, il y a risque de sous-production des biens publics, mais le gouvernement a la possibilité d'éviter une telle situation en finançant ce type de recherche.

Par ailleurs, les entreprises privées peuvent aussi craindre que d'autres sociétés profitent plus tard des efforts de recherche. Tout ne peut pas faire l'objet d'un brevet, et les concurrents peuvent d'ailleurs souvent contourner les brevets. Devant le risque de réactions en chaîne, il arrive que les entreprises privées sous-investissent dans leur propres recherches et attendent les étapes stratégiques de leurs concurrents. Mais, si tout le monde attend, aucun progrès ne se réalise.

La recherche fondamentale financée par des fonds publics a avantage à se dérouler en collaboration avec des entreprises privées. Un cofinancement par des entreprises privées peut être une option intéressante pour gérer, partiellement, les points névralgiques mentionnés plus haut, surtout si ce cofinancement peut être associé à des droits de propriété intellectuelle. L'implication dans de la recherche fondamentale offre aussi aux entreprises privées l'avantage de bien préparer le développement final faisant suite à la recherche et au développement expérimental. Elles gagnent ainsi un temps précieux. Les phases suivantes de la trajectoire d'innovation – projets de démonstration, préparation de la production et de la commercialisation – sont des activités qui, en principe, sont

La recherche fondamentale financée par des fonds publics a avantage à se dérouler en collaboration avec des entreprises privées.

³¹ Création de valeur versus captation de valeur.

laissées aux acteurs du secteur privé. Toutefois, le gouvernement reste un partenaire important à toutes les phases, en raison de son pouvoir régulateur. Les pouvoirs publics doivent fixer des normes techniques, ils peuvent développer toutes sortes de mesures fiscales incitatives et mettre en route des segments de marché en procédant eux-mêmes à des acquisitions ou en cautionnant des projets.

2^E CONDITION DE LA TRANSITION : NÉCESSITÉ D'UNE ÉVALUATION PÉRIODIQUE DE L'IMPACT DES SUBSIDES À LA PRODUCTION SUR LES EFFORTS DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT ET SUR LES NOUVELLES TECHNOLOGIES

Beaucoup de gens pensent à tort que les subsides actuels à la production entraînent spontanément des efforts importants de recherche et développement.

Même les pays les plus riches consacrent peu de moyens financiers aux projets de recherche et développement dans le domaine des énergies renouvelables.

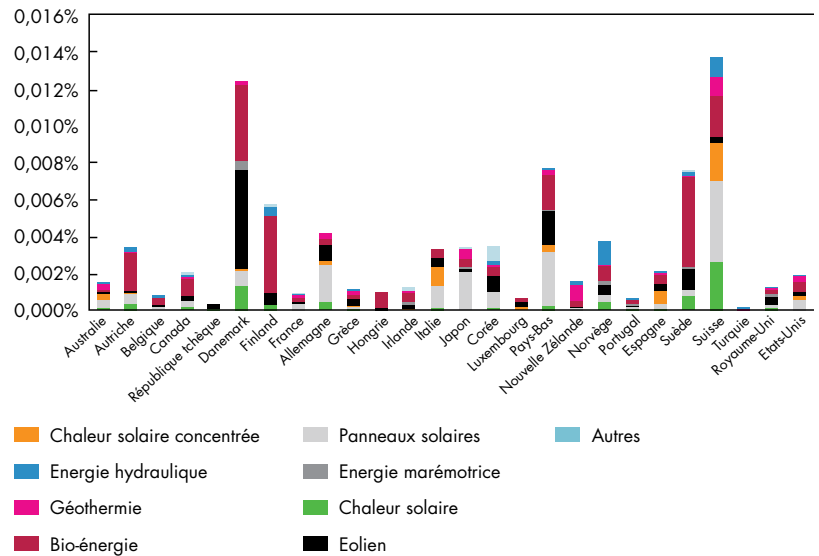
Beaucoup de gens pensent à tort que les subsides actuels à la production entraînent spontanément des efforts importants de recherche et développement. Car, si les entreprises du secteur des technologies utilisant des énergies renouvelables veulent continuer à gagner de l'argent à l'avenir, ne doivent-ils pas mettre sur le marché, à plus ou moins brève échéance, des technologies quand même plus efficaces ? En principe, ce pourrait être le cas, mais toute politique en matière de subsides doit être examinée dans son contexte économique.

La figure 4-2 donne des informations détaillées sur le total des dépenses de recherche et développement dans le domaine des technologies utilisant des énergies renouvelables. Pour la période 1990-2006, l'effort moyen annuel en recherche et développement est exprimé pour chaque pays sous forme de pourcentage du PIB ou du revenu national.

Il ressort de cette figure que les pays les plus riches consacrent peu de moyens financiers aux projets de recherche et développement dans le domaine des énergies renouvelables. En Suisse, pays pionnier, ces montants représentent en moyenne 0,013% du PIB au cours de la période 1990-2006. La Suisse investit surtout dans l'énergie solaire. Après la Suisse viennent le Danemark, les Pays-Bas et la Suède. La Suède investit surtout dans la bioénergie, et le Danemark dans l'énergie éolienne et la bioénergie. L'Allemagne consacre peu de moyens financiers à la recherche. Les États-Unis, jusqu'en 2006, ont, eux aussi, peu investi dans la recherche dans le domaine des technologies utilisant des énergies renouvelables.

Il en est de même pour la riche Belgique, qui consacre quelques euros à des projets de recherche et développement dans le domaine des énergies renouvelables, en moyenne 0,0005% du PIB. Manifestement, il ne faut pas que la préparation de notre futur énergétique coûte trop cher...

Figure 4-2 : Budgets annuels moyens en R&D dans les technologies utilisant des énergies renouvelables, en pourcentage du PIB, pour la période 1990 - 2006



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p. 161

La plupart des entreprises des secteurs éolien et photovoltaïque consacrent à peine 1% de leur chiffre d'affaires à la recherche et au développement, alors que, dans les autres secteurs d'ingénierie, ce chiffre est en moyenne de 7%.

Les sous-investissements privés dans la recherche et le développement ressortent très nettement des comptes annuels des entreprises les plus importantes des secteurs éolien et photovoltaïque. La plupart d'entre elles consacrent à peine 1% de leur chiffre d'affaires à la recherche et au développement, alors que, dans les autres secteurs d'ingénierie, ce chiffre est en moyenne de 7%. Les fleurons de l'économie, tels que Nokia, investissent encore beaucoup plus dans la recherche ³².

Comment expliquer cet état de fait ? Étant donné que les subsides à la production offerts par les autorités européennes sont importants, la rénovation des anciennes technologies

³² Nokia investit dans la recherche et le développement environ 3 milliards de dollars par an, et 40% des 52 000 salariés sont impliqués dans des activités de recherche.

Étant donné que les subsides à la production offerts par les autorités européennes sont importants, la commercialisation des anciennes technologies, même sans innovation technologique, permet de gagner déjà beaucoup d'argent.

Les entreprises européennes savent que la faiblesse de la dynamique technologique et la lenteur de la diminution des coûts peuvent servir d'arguments pour ne pas diminuer les subsides à la production dans le futur.

permet de gagner déjà beaucoup d'argent même sans innovations technologiques, et, par conséquent, elle a représenté la priorité pour les entreprises européennes au cours des dernières années.

Les entreprises européennes savent également que la faiblesse de la dynamique technologique et la lenteur de la diminution des coûts peuvent servir d'arguments pour justement ne pas diminuer les subsides à la production dans le futur. Dans les pays où existent des tarifs de rachat, comme en Allemagne, le gouvernement, pour obliger le secteur à comprimer les coûts, baisse chaque année les tarifs pour les nouveaux projets. Mais si le secteur, de manière générale, ne peut assurer cette réduction des coûts, le gouvernement n'a pas beaucoup d'autre choix que de ne pas diminuer les subsides à la production. Dans beaucoup de pays et de régions, entre autres en Flandre, les subsides à la production ont plutôt augmenté que diminué au cours des dernières années.

Il peut être utile d'augmenter sensiblement les dépenses publiques pour la recherche et le développement, bien que ce soit justement un deuxième cadeau des pouvoirs publics. Le secteur gagne actuellement pas mal d'argent grâce aux importants subsides à la production, puis a gratuitement accès aux résultats de la recherche financée par les fonds publics.

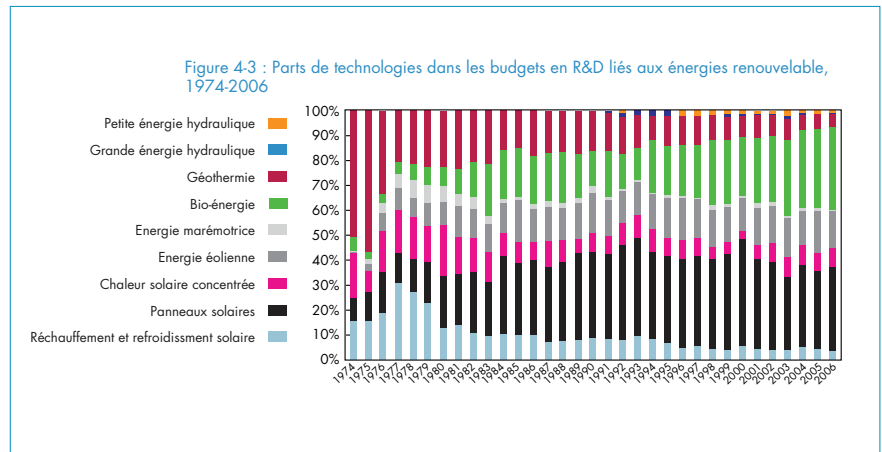
Il convient en outre d'ajouter que les entreprises issues des technologies utilisant des énergies fossiles ne brillent pas non plus vraiment par leurs efforts en matière de recherche et développement. Leurs investissements sont plus importants que ceux que financent les entreprises des secteurs éolien et photovoltaïque, mais sont plus faibles que dans les autres secteurs d'ingénierie.

3^E CONDITION DE LA TRANSITION : LES POUVOIRS PUBLICS DOIVENT SE RENDRE COMPTE QU'ILS N'ONT PAS LA POSSIBILITÉ DE CHOISIR LES FUTURS GAGNANTS... ET QUE, PAR CONSÉQUENT, UNE POLITIQUE SÉLECTIVE TROP LAXISTE NE PEUT SE JUSTIFIER.

On ne peut prévoir les possibilités technologiques : bon nombre de recherches n'aboutissent jamais à des produits commerciaux intéressants.

Tout qui défend une augmentation des fonds pour la recherche espère qu'ainsi de meilleures technologies verront le jour. Sans efforts de recherche, il se passe peu de choses, mais nous devons bien reconnaître que beaucoup de recherches n'aboutissent jamais à des produits commerciaux intéressants.

La figure 4-3 donne un aperçu des budgets affectés à la recherche et au développement entre 1974 et 2006 et ventilés entre les différentes technologies. Des investissements relativement importants ont été financés pour la recherche dans le domaine de l'énergie géothermique, et certainement entre 1974 et 1984. À l'époque, il y avait sûrement de bonnes raisons pour investir fortement dans la géothermie, mais ces efforts de recherche n'ont pas mené à une production significative d'énergie géothermique. On voit que l'on risque de se tromper gravement en voulant sélectionner les futurs gagnants.



SOURCE : IEA (2008). DEPLOYING RENEWABLES. PRINCIPLES FOR EFFECTIVE POLICIES, p. 159

À partir de 1974, l'énergie éolienne représente un petit 10% du budget affecté aux énergies renouvelables. On peut estimer que le rendement de ces efforts est très élevé.

La recherche et le développement ont leur grand glouton : c'est l'énergie solaire. Quelque 30 à 40% de tous les moyens financiers affectés à la recherche au cours des vingt dernières années ont été consacrés aux panneaux solaires.

Entre 1975 et 1980, des investissements dans l'énergie marémotrice ont été financés, mais les projets en question se sont visiblement éteints sans faire de bruit. Après 1984, on investit à peine dans l'énergie hydraulique. Est-ce que vraiment, dans ce secteur très important, aucune demande de recherche technologique ne valait la peine d'être explorée ?

À partir de 1974, l'énergie éolienne représente un petit 10% du budget affecté aux énergies renouvelables. On peut estimer que le rendement de ces efforts est très élevé vu le résultat de l'énergie éolienne sur le marché. La bioénergie, à partir de 1990, représente environ 20% du budget affecté aux énergies renouvelables, et, ici aussi, nous pouvons conclure que ces investissements ont conduit à l'obtention de résultats sur le marché.

Dans cette histoire, il y a un grand glouton : c'est l'énergie solaire. Quelque 30 à 40% de tous les moyens financiers affectés à la recherche au cours des vingt dernières années ont été consacrés aux panneaux solaires. Ces fonds ont certainement eu un rendement,

mais la compétitivité en matière de coûts n'est vraiment pas pour tout de suite. Cette évolution soulève des questions lorsque l'on entend dire que les panneaux solaires seront réellement compétitifs sur le plan des coûts dans les dix à quinze prochaines années, parce que, aujourd'hui, des subsides à la production attractifs sont prévus. Ces subsides à la production ne suscitent pas d'efforts de recherche et développement, lesquels, comme l'histoire nous l'enseigne, ne portent pas en eux la garantie de progrès importants.

Entre 1974 et 1984, on a aussi beaucoup investi dans l'énergie solaire thermique, efforts qui n'ont pas eu les résultats espérés. Pourtant, après 1984, l'énergie solaire thermique drainait toujours des sommes importantes, égales à environ un quart des dépenses affectées à l'énergie éolienne.

Si les préférences technologiques des décideurs sont correctement illustrées à la figure 4-3, la première conclusion à tirer est la suivante : les technologies aujourd'hui les moins importantes sont celles qui, par le passé, ont bénéficié des aides les plus importantes. Que se passera-t-il si l'histoire se répète ? Et cette constatation ne détruit-elle pas la base argumentaire qui justifie les subsides actuellement octroyés à la production en évoquant leur nécessité temporaire pour qu'une technologie puisse percer ? Une aide sélective n'est jamais une garantie de résultat sur le marché. Elle risque par contre d'interdire le marché à des technologies plus radicales.

Les investissements dans la recherche et le développement sont d'une importance fondamentale, mais il vaudrait vraisemblablement mieux que les décideurs ne fassent pas entrer leurs préférences technologiques en ligne de compte de manière à ce que toutes les technologies aient la possibilité de faire la preuve du potentiel qu'elles représentent pour le marché. Il semble aussi que ce soit un mauvais choix que de ne pas investir dans les technologies plus mûres, telles que l'énergie hydraulique. En termes de capacité future, l'énergie hydraulique est trop importante pour être négligée.

Les technologies aujourd'hui les moins importantes sont celles qui, par le passé, ont bénéficié des aides les plus importantes.

Il semble aussi que ce soit un mauvais choix que de ne pas investir dans les technologies plus mûres, telles que l'énergie hydraulique.

4^E CONDITION DE LA TRANSITION : LES POUVOIRS PUBLICS DOIVENT RÉTRIBUER VALABLEMENT L'EFFICACITÉ. ET LA CONCURRENCE STIMULE JUSTEMENT L'EFFICACITÉ.

L'efficacité en termes de coût implique que toutes les technologies et options de la transition énergétique doivent se faire concurrence les unes aux autres.

Pour une efficacité des coûts, le mieux est de mettre en place l'instrument des prix. Cet instrument des prix n'est pas le seul instrument de la transition car la taxe amène sur le marché principalement les technologies les plus mûres, presque compétitives sur le plan des coûts.

La technologie est le levier vers une transition solide sur le long terme, mais nous ne pouvons attendre passivement l'arrivée au compte-gouttes des résultats du marché obtenus à la suite d'une augmentation des dépenses de recherche et développement. Il faut aussi travailler à un cadre stimulant à court et moyen terme. Pour ce faire, l'efficacité doit être au centre. En effet, la transition énergétique est très coûteuse, de sorte que seules les mesures efficaces en termes de coûts peuvent être sélectionnées. L'encouragement de l'inefficacité n'est pas durable sur le long terme, et il constitue une entrave à la réalisation d'objectifs ambitieux pour la transition.

L'efficacité en termes de coût implique que toutes les technologies et options de la transition énergétique doivent se faire concurrence les unes aux autres. La forme de cette concurrence évoluera avec le temps parce que les technologies les plus jeunes doivent d'abord avoir la possibilité de s'améliorer avant d'être comparées sur le marché avec les options existantes. Si l'efficacité en termes de coûts est au centre, les technologies et options les meilleures doivent, à terme, être les gagnants dans le domaine de la transition énergétique. La CCNUCC (article 3) et le Protocole de Kyoto (article 10a) ont beau indiquer explicitement que l'efficacité par rapport au coût est une priorité, il faut commencer par en rendre la réalisation obligatoire. Pour cela, le mieux est de mettre en place l'instrument des prix, de préférence via une taxe sur le CO₂. Cet instrument des prix n'est certainement pas le seul instrument de la transition car la taxe amène sur le marché principalement les technologies plus mûres, presque compétitives sur le plan des coûts. Les technologies jeunes, qui sont loin d'être compétitives sur le plan des coûts, méritent donc une aide spécifique, mais temporaire.

Les ménages et les entreprises ne vont pas spontanément investir dans les composantes de la transition énergétique si le rendement est nul. Par conséquent, aussi longtemps que l'énergie restera relativement bon marché et que les taxes sur le CO₂ resteront dans les discours, il n'y aura pas grand chose qui changera. L'AIE prévoit que dans un tel scénario tablant sur le *statu quo*, les émissions de CO₂ augmenteront globalement de 130% d'ici à 2050. Si les prix ne sont pas justes, on aboutit à de mauvaises décisions, et il

n'y aura pas de révolution énergétique. De ce fait, les autorités se sentent irrésistiblement poussées à forcer le changement en commençant par le définir elles-mêmes, puis en procédant à des rachats par le biais de l'instrument de subvention. Cela ressemble bien au contraste entre l'économie planifiée, où les autorités entendent déterminer la dynamique technologique, et l'économie de marché, dans laquelle les technologies efficaces sont rétribuées par les forces du marché.

La figure 4-3 avec les choix technologiques du passé montre qu'il n'est pas du tout évident de sélectionner les technologies qui sortiront du lot. Pourtant, de nombreux gouvernements souhaitent dresser une longue liste des technologies préférées et des modifications de comportement recherchées. Une rétribution y est associée sous la forme de subsides à la production ou de subventions d'investissement. Exemple typique : les subsides à la production par MWh d'électricité verte. Pour chaque technologie utilisant de l'énergie renouvelable, le tarif de subvention est différent. Celui qui investit dans ces technologies peut compter sur une rentabilité garantie, indépendamment de la plus-value écologique et indépendamment de l'efficacité relative par rapport au coût de ces technologies. Avec la politique de subventions, le gouvernement détermine quelles sont les technologies et les options comportementales qui seront les gagnants en matière de transition énergétique, même si elles sont inefficaces. Un point négatif important à ce propos est que la concurrence entre les technologies est faussée. À terme, comment pourra-t-on savoir quelles technologies sont meilleures que les autres ? Les lobbyistes des technologies sélectionnées sont naturellement très contents des privilèges offerts. Qui ne signerait pas pour une rentabilité garantie et l'élimination de la concurrence ? Dans ce contexte, la promotion de l'énergie solaire est un bon exemple. En Belgique, le coût de production de 1 MWh d'électricité à partir d'énergie solaire est d'environ de 400 euros. Pour que les panneaux solaires soient compétitifs face à l'électricité grise, le gouvernement flamand a introduit un subside à la production de 450 euros par MWh. Si les panneaux sont bien placés, l'investisseur fait un bénéfice d'environ 50 euros par MWh, en plus des avantages fiscaux supplémentaires. La Belgique étant très peu ensoleillée, on n'a jamais su pourquoi l'électricité produite à partir de panneaux solaires devrait devenir à brève échéance compétitive sur le plan des coûts. Cet objectif témoigne d'une mentalité de repli sur soi, chaque technologie devant absolument être encouragée dans la région, même si ce n'est pas du tout opportun. Si le coût de production d'électricité grise se situe entre 30 et 40 euros, la promotion de l'énergie solaire exige un coût de subvention dix fois plus élevé que la valeur réalisée par MWh.

Avec la politique de subventions, le gouvernement détermine quelles sont les technologies et les options comportementales gagnantes en matière de transition énergétique, même si elles sont inefficaces.

On n'a jamais su pourquoi l'énergie solaire belge, produite dans un pays très peu ensoleillé, devrait devenir compétitive sur le plan des coûts à brève échéance.

De ce fait, chaque tonne de CO₂ évitée grâce aux investissements dans l'énergie solaire coûte extrêmement cher. Pour l'Allemagne, le coût par tonne de CO₂ évitée est d'environ 700 euros, selon les calculs. Ce chiffre contraste vivement avec les bons investissements dans l'efficacité énergétique dont le coût de réduction par tonne de CO₂ est négatif grâce aux économies de combustibles. De plus, les options technologiques dont le coût de réduction est inférieur à 50 euros par tonne de CO₂ évitée ne manquent pas : la biomasse, le biogaz, l'énergie éolienne et le remplacement des vieilles centrales fossiles par des centrales fossiles ultramodernes. Avec le montant des subventions offertes pour éviter une tonne de CO₂ grâce à l'énergie solaire, il serait possible de réaliser une réduction plus importante de CO₂ si le choix se portait sur d'autres options (par exemple le biogaz ou des investissements dans l'efficacité).

Le secteur mérite certainement une aide pour la recherche et le développement de manière à ce qu'à terme, nos entreprises soient en phase avec les progrès technologiques.

Le secteur photovoltaïque ne mérite-t-il alors aucune aide dans un pays où le nombre d'heures d'ensoleillement est peu élevé ? Le secteur mérite certainement une aide technologique par le biais de dépenses en recherche et développement de manière à ce qu'à brève échéance, les entreprises soient en phase avec les progrès technologiques. Sur le long terme, la politique de transition évoluera tout de même pour installer des technologies aux meilleurs emplacements, de manière efficace en termes de coûts, par exemple des projets photovoltaïques dans des pays plus ensoleillés. Si, en 2025, les entreprises technologiques belges peuvent vendre leurs produits dans des pays comme l'Espagne, la Tunisie ou le Maroc, elles auront réussi leur mission, même si elles ne vendent pas dans leur propre région. Il est vrai que c'est la réalité de l'économie mondialisée. Nous ne recherchons pas non plus des télévisions à écran LCD ou à écran plasma produites dans notre commune.

Avec une taxe sur le CO₂ comme dans le scénario ACT, de bons projets éoliens deviennent rentables, et la puissance installée croît remarquablement. La même taxe provoque uniquement des investissements dans l'énergie solaire aux meilleurs emplacements. De cette manière, l'éolien, en Belgique, sort gagnant de la concurrence avec le photovoltaïque. À long terme, toutes les technologies gagnent en efficacité, et l'avantage relatif sur le plan de l'efficacité se traduit dans les parts de marché. La taxe oblige à des améliorations technologiques pour la conquête d'une place sur le marché. Les subsides à la production apportent sur un plateau une place sur le marché et suivent plutôt les améliorations technologiques au lieu de les provoquer.

Les taxes obligent à des améliorations technologiques pour la conquête d'une place sur le marché. Les subsides à la production garantissent une place sur le marché et suivent passivement les améliorations technologiques.

On ne peut trop insister sur le fait que la concurrence doit être organisée de manière rationnelle sur la base de la compétitivité en matière de coûts. Il est absurde de faire

Il est absurde de faire entrer en concurrence des technologies mûres avec les toutes nouvelles technologies qui ont encore devant elles un très long chemin d'améliorations à réaliser.

Une taxe sur le CO₂ ne peut pas être une excuse pour sous-investir dans la recherche et le développement comme c'est le cas aujourd'hui.

Les décideurs doivent s'employer à maîtriser la demande comme à transformer l'offre. Ne mettre en place que des sous-systèmes du côté de l'offre n'a pas de sens.

entrer en concurrence des technologies mûres avec les toutes nouvelles technologies qui ont encore devant elles un très long chemin d'améliorations à réaliser. Les technologies naissantes doivent d'abord et avant tout être aidées par une politique de recherche et développement axée sur le long terme. Ce n'est que lorsque les jeunes technologies sont devenues efficaces en termes de coûts qu'elles peuvent progressivement être exposées à la concurrence. Une taxe sur le CO₂ ne peut pas être une excuse pour sous-investir dans la recherche et le développement comme c'est le cas aujourd'hui. Pour les technologies naissantes, les dépenses publiques affectées à la recherche et au développement sont d'une importance cruciale car le secteur privé ne choisit pas des projets très risqués pour lesquels le temps d'induction des effets positifs est très long.

Tout plaidoyer pour la concurrence part bien sûr de l'hypothèse que la concurrence loyale est possible sur les marchés concernés. Mais dans le cas contraire, les avantages classiques des marchés concurrentiels ne donneront pas grand chose. C'est au gouvernement de trouver une manière pragmatique pour contraindre à une concurrence loyale si elle est entravée par les circonstances que connaissent les marchés.

5^E CONDITION DE LA TRANSITION : TOUTES LES TECHNOLOGIES UTILISANT DES ÉNERGIES ET TOUTES LES OPTIONS DE COMPORTEMENT DOIVENT ÊTRE MOBILISÉES DE MANIÈRE OPTIMALE POUR DONNER UNE CHANCE À LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE. UNE POLITIQUE TECHNOLOGIQUE SÉLECTIVE EST UNE PERTE DE TEMPS.

Les systèmes d'utilisation des énergies, eux aussi, obéissent aux lois de l'offre et de la demande. Il ne faut pas produire des services relatifs à l'énergie s'ils ne sont pas demandés. Les décideurs doivent s'employer à maîtriser la demande comme à transformer l'offre. Ne mettre en place que des sous-systèmes du côté de l'offre n'a pas de sens. Si la demande d'énergie augmente plus fortement que l'expansion de l'offre de technologies pauvres en carbone, les émissions de CO₂ persisteront, et la pression sur les stocks d'énergies fossiles continuera à augmenter.

La taxe sur le CO₂ augmente le coût des services relatifs à l'énergie fossile de telle sorte que la demande augmente moins vite, voire diminue. La taxe stimule aussi les

La recherche de la réalisation de ce large bouquet d'options technologiques doit primer sur l'affirmation de préférences technologiques.

En raison d'un puissant effet de levier, il est nécessaire de relancer la recherche dans le domaine des technologies utilisant des énergies fossiles afin de les améliorer.

investissements dans les technologies de production sans CO₂. Ces investissements doivent aussi être aidés par une vaste politique de recherche et développement. C'est donc un prix du CO₂ qui permettra le mieux de maîtriser l'offre, et aussi la demande, de manière efficace en termes de coûts.

Le travail de modélisation optimiste sur le plan technologique réalisé par l'AIE montre qu'il est possible de réduire de moitié les émissions de CO₂ d'ici à 2050. Les investissements dans l'efficacité énergétique et dans les économies d'énergie permettent de maîtriser la demande d'énergie. Ces investissements génèrent pas moins de 54% des efforts de réduction nécessaires d'ici à 2050 (scénario BLUE). De ce fait, le reste des efforts peut être divisé entre les technologies renouvelables, le captage et stockage du CO₂ et la capacité nucléaire. Aucune de ces trois options technologiques ne peut, seule, générer la totalité du reste des efforts de réduction, sans parler de la totalité de l'effort de réduction. La recherche de la réalisation de ce large bouquet d'options technologiques doit primer sur l'affirmation de préférences technologiques. Celui qui voudrait réaliser la transition sans maîtriser la demande, sans captage et stockage du CO₂, sans énergie nucléaire ou sans centrales fossiles efficaces ferait monter en flèche le coût total au point que l'objectif de réduction s'en trouverait menacé. Il faut déjà bien tout pour financer la politique de transition la plus efficace en termes de coûts.

Le grand potentiel de l'efficacité énergétique a beaucoup à voir avec le fait que ce sont de « vieilles » technologies qui, actuellement, dominent l'ensemble des systèmes d'utilisation des énergies. Qui plus est, bon nombre d'entre elles sont liées à du capital remontant souvent à plus de quarante ans. Le remplacement de ce vieux capital par les centrales fossiles les plus efficaces d'aujourd'hui et de demain générera des bénéfices d'efficacité importants. En raison d'un puissant effet de levier, il est nécessaire de relancer la recherche dans le domaine des technologies utilisant des énergies fossiles afin de les améliorer.

6^E CONDITION DE LA TRANSITION : LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE DOIT ÊTRE UN PROJET GLOBAL, RENDU POSSIBLE PAR UN PRIX DU CO₂.

Il ressort des négociations internationales sur les changements climatiques qu'il n'est pas du tout évident d'arriver à un accord international fort. Il se peut que, malgré les nombreux avantages potentiels de la transition, les différents pays ne fassent pas tous

Dans l'Union européenne, la Suède veut remettre sur le tapis l'ancienne proposition d'une taxe européenne sur le CO₂.

Une part considérable des recettes de cette taxe sur le CO₂ peut être réservée pour les pays moins développés.

Pour qu'une taxation du CO₂ au niveau mondial soit possible, il faut qu'il y ait des transferts depuis les pays riches vers les pays pauvres.

des choix radicaux en matière d'énergie. Cela peut changer s'il y a une compensation financière. L'idée d'une taxation du CO₂ au niveau mondial est déjà ancienne, et on commence à nouveau à en entendre parler. Même les directeurs-généraux d'opérateurs énergétiques tels que Shell et Exxon Mobile soutiennent pour le moment l'idée d'un prix à attacher au CO₂ pour inciter à adopter les objectifs de la transition énergétique. Dans l'Union européenne, la Suède veut remettre sur le tapis l'ancienne proposition d'une taxe européenne sur le CO₂. Si une taxation du CO₂ au niveau mondial vient un jour à être appliquée, elle générera des moyens considérables. L'Occident, riche, contribuera pour une grande part aux recettes fiscales totales en raison de la grande consommation d'énergie dans les pays les plus riches. Une part considérable des recettes de cette taxe sur le CO₂ peut être réservée pour les pays moins développés. Dans bon nombre de pays relativement pauvres, il existe encore des subsides importants en matière d'énergie, ce qui fait que, comme les produits énergétiques sont bon marché, il y aurait une certaine tendance au gaspillage. Il est bien sûr difficile d'introduire des prix plus justes dans ces pays car, pour les revenus les plus bas, une augmentation des prix de l'énergie est difficilement acceptable. Pour motiver ces pays à suivre une autre politique en matière de prix en introduisant une taxe sur le carbone ou une diminution équivalente des subsides en matière d'énergie, d'importantes compensations seront nécessaires, sous la forme de transferts depuis les pays riches vers les pays pauvres. Il est possible d'assortir ces transferts de conditions strictes, comme l'exécution de projets d'investissement présentant une véritable plus-value sociale. De cette façon, le riche Occident cofinance la transition dans les pays moins développés.

Même sans taxation du CO₂ au niveau mondial, les pays moins développés peuvent obtenir de l'aide financière de différentes manières pour des projets d'investissement. La Banque mondiale a plusieurs programmes à cet effet, et des instruments de Kyoto, comme la « mise en œuvre conjointe » (MOC) et le « mécanisme de développement propre » (MDP), ont été élaborés précisément au profit de pays en voie de développement. Tous ces programmes ont leur mérite, mais les possibilités de financement par une taxation du CO₂ au niveau mondial sont d'un autre ordre. Tant que les émissions de CO₂ restent importantes au niveau mondial, une taxe sur le carbone rapportera des milliards. Il se pourrait donc que les sceptiques se laissent tenter et participent à la politique de transition.

7^E CONDITION DE LA TRANSITION : LA POLITIQUE DE TRANSITION DOIT MOBILISER LE SECTEUR PRIVÉ. POUR CE FAIRE, LE MIEUX EST D'APPLIQUER L'INSTRUMENT DES PRIX.

Les gouvernements ne pourront jamais financer eux-mêmes les investissements supplémentaires dans la transition énergétique ; ils doivent mobiliser le secteur privé au moyen de puissants leviers.

L'instrument des prix est en principe le meilleur levier pour mobiliser le secteur privé.

Les décideurs doivent scrupuleusement s'assurer que des investissements soient financés dans des composantes de système essentielles telles que les réseaux énergétiques et la capacité de stockage.

Pour réaliser l'objectif de stabilisation du scénario ACT et l'objectif de 50% de réduction du scénario BLUE, le montant des investissements supplémentaires est de respectivement 17 000 et 45 000 milliards de dollars. Ces chiffres sont le résultat des analyses de l'AIE, optimistes sur le plan technologique, tous les agents économiques veillant à l'efficacité en termes de coûts et à la compression des coûts. Mais la réalité peut être différente, et les coûts pourraient être beaucoup plus élevés... En plus de ces investissements supplémentaires pour la transition, il faut aussi compter les besoins d'investissements, qui sont colossaux, pour renforcer, moderniser et étendre l'ensemble des systèmes d'utilisation des énergies. Ni les États ni leurs partenariats ne pourront jamais financer eux-mêmes de tels montants. Ces sommes sont trop importantes, et les gouvernements doivent partager leurs maigres moyens entre toute une série de projets d'investissements, tous plus valables les uns que les autres. Il faut donc qu'il existe des possibilités d'effet de levier pour les gouvernements, et les secteurs privés, logiquement, investiront alors dans des projets relatifs à la transition. Ces projets peuvent être de petites dimensions. Un ménage investit dans l'isolation du toit, par exemple. Mais ces projets concernent aussi les composantes de système comme des centrales hydrauliques supplémentaires en tant qu'option pour compenser les variations de l'électricité renouvelable, par exemple, ou encore l'ensemble des réseaux de transport de courant continu à haute tension.

L'instrument des prix est en principe le meilleur levier pour mobiliser le secteur privé. Une taxe sur le CO₂ est l'application la plus logique de l'instrument des prix. En présence d'un prix du CO₂, il devient rentable d'investir dans les réductions du CO₂ et dans des mesures d'économies d'énergie. La politique de transition s'accorde ainsi parfaitement à la politique climatique. Dans les modèles de l'AIE aussi, ce sont des valeurs du carbone, ou prix du CO₂, qui mènent la transition entre maintenant et 2050.

Cependant, les gouvernements doivent scrupuleusement s'assurer qu'il y a suffisamment d'investissements dans les composantes de système essentielles, telles que les réseaux énergétiques et la capacité de stockage. On peut douter qu'une taxe sur le CO₂ ou tout autre instrument des prix entraîne tous les investissements dans le système. Il peut toujours

Un régulateur fort doit veiller à la dynamique concurrentielle au cours de la transition.

y avoir des acteurs économiques qui, de manière délibérée, sous-investissent dans certaines composantes de système afin d'assurer leur propres intérêts. Un régulateur fort doit veiller à la dynamique concurrentielle au cours de la transition.

8^E CONDITION DE LA TRANSITION : LA POLITIQUE DE TRANSITION EXIGE UNE BONNE COMMUNICATION À PROPOS DE L'INSTRUMENT DES PRIX ET UN REGARD PRAGMATIQUE SUR LA FISCALITÉ DE L'ÉNERGIE.

Pourquoi n'y a-t-il pas de prix global attaché au CO₂ et pourquoi une taxe sur le carbone au niveau mondial semble-t-elle très éloignée ? Une taxe sur le CO₂ revient d'ordinaire à une taxe énergétique supplémentaire. Une taxe sur le carbone entraîne une augmentation des impôts indirects, qui sont justement des impôts très visibles. Les dépenses d'énergie sont un sujet sensible pour la plupart des consommateurs, et ce pour deux raisons. Les gens sont généralement bien au courant de l'évolution des prix à la pompe car ils roulent beaucoup. Les factures de gaz et d'électricité arrivent régulièrement dans la boîte aux lettres. Et les autres dépenses d'énergie, telles que le mazout de chauffage, sont le plus souvent élevées, voire très élevées. En outre, l'augmentation des prix de l'énergie est un sujet fécond dans les médias : tout le monde est concerné, et l'on joue sur l'implication de l'audience. Les consommateurs deviennent ainsi plus sensibles aux prix.

L'augmentation des prix de l'énergie est un sujet fécond dans les médias ; les consommateurs deviennent ainsi plus sensibles aux prix.

Pour les responsables politiques, il est toujours plus intéressant d'augmenter les impôts d'une manière non transparente.

Comme les taxes énergétiques sont très visibles, bon nombre de politiciens doutent de la faisabilité ou de l'opportunité politique de nouvelles taxes sur le CO₂. Il est moins risqué d'augmenter les impôts d'une manière non transparente, par exemple en n'indexant pas les barèmes fiscaux ou en supprimant certaines possibilités de déduction ou d'abattement. L'augmentation des prix de l'énergie en 2007 et 2008 a produit des recettes fiscales pour l'État (les prix de l'énergie et les recettes de la TVA ont augmenté ensemble). L'augmentation des prix de l'énergie a aussi attiré l'attention de la société sur le coût de l'énergie, provoquant parfois de l'irritation. Dans ces circonstances, les responsables politiques souhaitent faire profiter la population de leur générosité. C'est ainsi que l'on a vu apparaître des chèques-mazout et une série d'autres mesures compensatoires. Les responsables politiques laissent entendre par là qu'eux aussi sont

Des taxes énergétiques sont aussi des taxes sur l'étranger car nos produits énergétiques sont pratiquement tous importés.

La sensibilité du citoyen à propos des taxes énergétiques n'est pas liée à l'importance réelle de la fiscalité de l'énergie.

soumis aux aléas des marchés énergétiques internationaux. Mais, en Belgique, celui qui remplit son réservoir remet la moitié de la facture à l'État ; les responsables politiques l'ont toujours voulu ainsi. Des taxes énergétiques élevées obligent les constructeurs automobiles à développer des véhicules consommant peu d'énergie. Finalement, le consommateur européen en récolte les fruits.

En outre, des taxes énergétiques sont aussi partiellement des taxes sur l'étranger car nos produits énergétiques sont pratiquement tous importés. Une taxe indirecte, telle que la TVA ou les accises, entraîne une augmentation du prix, mais, pour le consommateur final, l'augmentation du prix est rarement égale à la taxe introduite. Comme le producteur craint une forte diminution de la demande s'il inclut la totalité de la taxe dans le prix, il préférera ne pas y inclure une partie de la taxe mais plutôt diminuer sa marge bénéficiaire en endossant une partie du montant de la taxe. Des taxes élevées sur les produits énergétiques peuvent donc entraîner une diminution des marges bénéficiaires pour les producteurs, lesquels sont situés à l'étranger.

La constatation que les taxes énergétiques et les taxes sur le CO₂ sont des sujets très « sensibles », ou sont en tout cas perçues comme telles, démontre que le citoyen moyen a une compréhension très limitée de la fiscalité. La sensibilité du citoyen à propos des taxes énergétiques n'est pas en rapport avec l'importance réelle de la fiscalité de l'énergie. Les tableaux ci-dessous donnent, pour quelques pays européens, la part de l'ensemble des taxes environnementales dans la totalité des recettes fiscales et dans le PIB. La composition de la fiscalité environnementale diffère d'un pays à l'autre, mais, dans la plupart des pays européens, les taxes énergétiques représentent 75 à 80% de la totalité des taxes environnementales. En outre, il y a encore les taxes classiques sur la pollution (par exemple sur les émissions dans l'eau), les taxes sur les matières premières (par exemple les taxes sur l'eau) et les taxes de circulation en matière d'écologie (y compris la tarification à l'usage).

TABLEAU 4-1 : TAXES ENVIRONNEMENTALES EN % DES RECETTES FISCALES ET COTISATIONS SOCIALES TOTALES (1995 - 2006)

	1995	1998	2001	2003	2005	2006
EU-15	6,86	6,53	6,51	6,69	6,43	6,17
Belgique	5,11	5,37	5,00	5,05	5,23	4,85
Danemark	9,27	10,64	10,61	10,68	11,51	12,21
Allemagne	5,84	5,18	6,30	6,68	6,34	6,11
Finlande	6,38	7,15	6,61	7,19	6,98	6,82
Irlande	9,23	9,39	7,83	7,92	8,04	7,58
Pays-Bas	8,99	9,65	9,81	9,89	10,46	10,37
Royaume-Uni	8,36	8,59	7,57	7,55	6,83	6,42
Suède	5,75	5,76	5,57	5,92	5,72	5,56

SOURCE: EUROSTAT (2008)

Les taxes énergétiques génèrent donc près de 4 à 5% de la totalité des recettes fiscales dans l'UE-15.

Pour ce qui est de la part des recettes fiscales environnementales dans le total de la fiscalité, parmi les pays européens, c'est en Belgique qu'elle est la plus petite.

Plus de 95% des recettes fiscales sont générées à partir d'une autre base fiscale que l'énergie.

Il ressort du tableau 4-1 que l'ensemble de la fiscalité environnementale en 2006 représentait un peu plus de 6% des recettes fiscales dans l'UE-15. Les taxes énergétiques génèrent donc environ 4 à 5% de la totalité des recettes fiscales dans l'UE-15. Ce n'est qu'au Danemark et aux Pays-Bas que la fiscalité environnementale génère plus que 10% du total des recettes fiscales. Le tableau 4-2 montre qu'au Danemark, la fiscalité environnementale représente 6% du PIB. Seuls les Pays-Bas s'en rapprochent, avec une fiscalité environnementale égale à 4,1% du PIB. Dans les autres pays, la part de la fiscalité environnementale se limite à environ 2,5% du PIB. Pour ce qui est de la part des recettes fiscales environnementales dans le total de la fiscalité, parmi les pays européens, c'est en Belgique qu'elle est la plus petite. En Belgique, la fiscalité environnementale a généré 4,85% des recettes fiscales en 2006. La Belgique est un pays où la pression fiscale est très forte (voir la colonne de droite du tableau 4-2), et il faut en tenir compte lorsque l'on établit des comparaisons entre pays. En Irlande, pays où règne une faible pression fiscale, la fiscalité environnementale génère 7,58% des recettes fiscales, soit la moitié en plus qu'en Belgique, mais exprimée en pourcentage du PIB, la différence n'apparaît pas aussi marquée (2,47% contre 2,17%).

Les chiffres du tableau 4-1 montrent surtout que la fiscalité énergétique a une importance fiscale assez limitée. Plus de 95% des recettes fiscales sont générées à partir d'une autre base fiscale que l'énergie.

TABLEAU 4-2 : TAXES ENVIRONNEMENTALES EN % DU PIB (1995 - 2006) ET DE LA PRESSION FISCALE TOTALE

	1995	1998	2001	2003	2005	2006	Pression fiscale en 2007
EU-15	2,73	2,68	2,62	2,66	2,56	2,50	
Belgique	2,24	2,44	2,26	2,27	2,35	2,17	44,4
Danemark	4,52	5,25	5,14	5,13	5,84	6,00	48,9
Allemagne	2,32	2,12	2,52	2,65	2,46	2,40	36,2
Finlande	2,92	3,29	2,94	3,16	3,07	2,96	43
Irlande	3,05	2,98	2,33	2,30	2,48	2,47	32,2
Pays-Bas	3,61	3,81	3,68	3,70	3,96	4,10	38
Royaume-Uni	2,94	3,13	2,81	2,67	2,50	2,40	36,6
Suède	2,76	2,94	2,78	2,86	2,83	2,72	48,2

SOURCE: EUROSTAT (2008) ET OESO(2009)

Moins on consomme ou gaspille d'énergie, moins les recettes fiscales énergétiques sont importantes.

Si la fiscalité énergétique en Belgique représente 4% du total des recettes fiscales, il faudrait doubler les taxes énergétiques – mais quel responsable politique voudrait s’y engager ? – pour encore n’arriver qu’à 7 ou 8% du total des recettes fiscales comme part de la fiscalité environnementale. Et malgré cette thérapie de choc, 92% de la pression fiscale s’exerce en d’autres points. Naturellement, sur le long terme, la consommation d’énergie diminue considérablement, ce qui entraîne une diminution de la part de la fiscalité environnementale dans le total des recettes fiscales. Moins on consomme ou gaspille d’énergie, moins les recettes fiscales énergétiques sont importantes.

Les taxes énergétiques sont donc effectivement très élevées par rapport à la base imposable – la répression fiscale existe certainement à l’égard des combustibles pour le transport, et ressemble à la taxe sur les cigarettes –, mais elles représentent un très faible pourcentage de l’ensemble des recettes fiscales. Après correction de l’inflation, la plupart des produits énergétiques sont plutôt meilleur marché qu’en 1980. Mais, dans la plupart des pays, cette évolution a été plus que compensée par l’augmentation de la pression fiscale au cours de la même période.

Cependant, un parti politique qui propose de doubler les taxes énergétiques risque de provoquer la colère de la population, précisément parce que les composantes les plus importantes de notre fiscalité sont beaucoup moins transparentes et ne font donc pas partie du débat social. Qui connaît le montant exact récolté par le fisc sur les revenus de son travail ? Qui calcule le montant des taxes indirectes payées annuellement ? ou le montant des impôts sur la fortune mobilière ou immobilière ? La plupart des gens ne

Il vaut mieux que l'introduction d'une taxe sur le CO₂ ou une taxe énergétique équivalente parte d'une révision générale de notre fiscalité.

Le citoyen aussi devrait être mis au courant du coût d'opportunité d'une taxe sur le CO₂ ou d'une taxe énergétique équivalente.

La taxe sur le CO₂ peut en principe créer un double dividende, à savoir un avantage écologique et un bénéfice économique.

Une véritable révolution fiscale avec une diminution spectaculaire de l'imposition du travail grâce à la taxe sur le CO₂ n'est pas possible.

Comme base fiscale, l'énergie ne fait pas le poids face au travail et au capital.

s'en occupent guère, mais ils constatent l'augmentation des prix à la pompe, et ils se plaignent.

Il vaut mieux que l'introduction d'une taxe sur le CO₂ ou une taxe énergétique équivalente parte d'une révision générale de notre fiscalité. Une option serait de déplacer la pression fiscale en la faisant par exemple passer du travail à la consommation d'énergie, et, sur ce sujet, il conviendrait de communiquer dans la transparence. Le citoyen devrait aussi savoir quel est le coût d'opportunité d'une taxe sur le CO₂ ou d'une taxe énergétique équivalente. Et si la fiscalité énergétique est gelée, quelles autres taxes seront introduites ou augmentées ?

9^E CONDITION DE LA TRANSITION : LES AVANTAGES DE LA TRANSITION EN MATIÈRE D'EMPLOI PEUVENT ÊTRE AU CENTRE DE LA COMMUNICATION, MAIS IL VAUT MIEUX NE PAS PROMETTRE LA LUNE.

Dans une communication transparente concernant la taxe sur le CO₂, on peut certainement mentionner la possibilité d'une diminution de l'imposition sur le travail. La taxe sur le CO₂ peut en principe créer un double dividende, à savoir un dividende écologique sous la forme d'une diminution des émissions de CO₂ et un dividende économique par la relance de la croissance comme conséquence de la diminution de l'imposition sur le travail. Une véritable révolution fiscale avec une diminution spectaculaire de l'imposition du travail grâce à la taxe sur le CO₂ ne fait cependant pas partie des possibilités. Comme base fiscale, l'énergie ne fait pas le poids face au travail et au capital. En Belgique, les impôts directs payés par les ménages représentent 26,3% du total des recettes fiscales. Les impôts directs sont prélevés principalement sur le travail. Si on y ajoute le total des contributions sociales, qui représentent aussi une imposition sur le travail, on arrive à 55% du total des recettes fiscales. Les impôts indirects, y compris les taxes environnementales et énergétiques existantes, représentent 25% des recettes fiscales en Belgique. Il est donc évident que même en doublant les taxes énergétiques actuelles, la pression fiscale sur le travail ne baissera que faiblement. Toute diminution de la pression fiscale sur le travail doit être saluée, dans ce pays où les prélèvements sur les revenus du travail sont les plus élevés,

Nous ne devons certainement pas attendre une taxe sur le CO₂ pour aborder le problème de la trop forte pression fiscale sur le travail.

Le citoyen est bien sûr content de recevoir des subventions pour le climat, il les finance lui-même par le biais de l'imposition du travail la plus forte au monde.

mais une diminution radicale ne pourrait pas être financée uniquement par une taxe sur le CO₂. Une forte imposition sur le travail a un coût élevé sur le plan de l'efficacité parce qu'elle provoque une diminution de l'offre de travail ainsi que de la demande de travail. On assiste alors à une contraction de l'économie, et la base fiscale diminue, ce qui n'est pas le cas lorsque l'imposition sur le travail est plus faible. Une forte imposition sur le travail oblige les employeurs à engager des travailleurs chers, et ce de manière très productive. En soi, ce n'est pas un problème, mais il y a toute une série de personnes dont la productivité au travail est relativement faible, et elles se retrouvent donc hors du circuit. Finalement, la forte imposition du travail entraîne le développement d'une société duale avec un clivage entre les personnes selon leur niveau de formation. Il est certain que dans notre pays, il s'agit de problèmes aigus. Par conséquent, il n'y a pas de raison d'attendre une diminution de la pression fiscale sur le travail. Nous ne devons certainement pas attendre une taxe sur le CO₂ pour traiter ces problèmes.

La fiscalité de l'énergie ne sera jamais un volet important de la fiscalité dans son ensemble – les pouvoirs publics ont besoin de beaucoup plus de recettes fiscales que ce que la base énergétique peut apporter –, mais, par contre, la fiscalité énergétique permet d'associer des recettes à la politique de transition. C'est tout à fait différent des subsides tant prisés. Les subsides coûtent de l'argent à l'État. Le citoyen est bien sûr toujours content de recevoir des subsides. Mais celui qui a conscience de financer lui-même les subsides par le biais de l'imposition du travail la plus forte au monde est un peu moins content de l'avantage fiscal offert. « *There is no free lunch* », dit-on en économie politique : si les subsides de l'État sont des cadeaux, ce sont néanmoins les contribuables eux-mêmes qui les financent.

La transition énergétique ouvre des perspectives à bon nombre de nouveaux secteurs économiques, et son potentiel de nouveaux emplois est intéressant. Ces emplois ne se limitent heureusement pas aux travailleurs de la connaissance, tels que les ingénieurs des entreprises de pointe. La politique de transition permet aussi à de nombreuses personnes sans formation de réussir à trouver du travail. Il n'est pas nécessaire d'être titulaire d'un diplôme universitaire pour isoler une toiture. La transition énergétique offrira-t-elle un supplément d'emplois ? Cela dépendra surtout des conséquences économiques de valeurs de carbone élevées. Si celles-ci provoquent un ralentissement de l'économie, si le taux de croissance n'augmente plus, la perte d'emplois sera comparable à la création d'emplois dans les nouveaux secteurs de l'énergie. Si, pour chaque emploi

En Allemagne, le développement et la diffusion des technologies modernes utilisant des énergies renouvelables ont déjà permis de créer pas moins de 250 000 emplois.

La réussite allemande montre qu'une politique industrielle cohérente peut encore faire avancer les choses.

L'importante création d'emplois dans le secteur des énergies renouvelables montre que les technologies telles que les panneaux solaires et les éoliennes

supplémentaire dans le secteur des énergies renouvelables, plus d'un emploi est perdu dans les autres secteurs économiques à cause de la hausse des prix de l'énergie, le nombre total d'emplois n'augmente pas.

Pour le moment, on a tout lieu de penser que ce sont surtout les secteurs des énergies renouvelables qui créent les nouveaux emplois. En Allemagne, le développement et la diffusion des technologies modernes utilisant des énergies renouvelables ont déjà permis de créer pas moins de 250 000 emplois. Entre-temps, l'électricité renouvelable en Allemagne représente environ 14% de la production totale d'électricité. Ces emplois sont généralement le résultat des réussites d'entreprises allemandes des secteurs éolien et photovoltaïque dans les exportations. Les objectifs quantitatifs pour l'énergie renouvelable sont, au niveau européen, vivement défendus par certains responsables politiques allemands qui veulent ainsi quelque peu aider la direction de certaines entreprises allemandes de pointe. Plus les tarifs de rachats pour l'énergie photovoltaïque et l'énergie éolienne sont élevés, plus les possibilités d'exportation augmentent pour les entreprises allemandes. À terme, le gouvernement allemand veut faire croître très fort la part d'électricité renouvelable et aussi continuer à soutenir la position des entreprises allemandes. Dans les scénarios optimistes, les prévisions parlent de quelque 400 000 travailleurs actifs dans les secteurs des énergies renouvelables d'ici à 2020. Cela voudrait dire que 1% de la population active allemande travaillerait dans les secteurs des technologies utilisant des énergies renouvelables. Il y a cinq ans, on parlait d'un objectif de 500 000 travailleurs, mais ce chiffre a depuis été revu à la baisse. Cependant, la création d'un si grand nombre d'emplois dans des secteurs de nouvelles technologies en un laps de temps relativement court serait une prestation impressionnante.

Les chiffres relatifs aux personnes employées en Allemagne sont très impressionnants et montrent qu'une politique industrielle cohérente peut encore faire avancer les choses. Copier la réussite allemande est une autre affaire. En effet, dans chaque secteur, les réussites dans les exportations sont en nombre restreint. Les importateurs ne sont pas assez nombreux pour qu'une réussite comparable dans les exportations vienne couronner les secteurs industriels de chaque pays.

Dans les discussions sur l'énergie verte, c'est avec raison qu'on attire l'attention sur la possible création d'emplois grâce aux technologies utilisant des énergies renouvelables. L'importante création d'emplois dans le secteur des énergies renouvelables montre que les technologies telles que les panneaux solaires et les éoliennes sont à forte utilisation de main d'œuvre. Une centrale au charbon ou une centrale nucléaire de 600 MW donne

sont à forte utilisation de main d'œuvre. Cette création d'emplois s'explique par l'absence, dans les secteurs des énergies renouvelables, des économies d'échelles classiques.

aussi de l'emploi, mais en nombre assez limité ; il faut reconnaître que ces technologies sont à fort coefficient de capital et génèrent une forte concentration d'énergie. De ce fait, le coût du travail par kWh produit est très bas. Il n'y a pas d'éoliennes de 600 MW, et la production de 600 MW d'électricité à partir d'éoliennes demande le développement de plusieurs grands parcs éoliens. Lorsqu'il y a assez de vent, 200 éoliennes de 3MW peuvent produire 600 MW. Ces 200 éoliennes sont produites, placées et entretenues une à une. Ces processus sont à relativement forte utilisation de main d'œuvre, et la mise en place et la maintenance le seront certainement toujours. Par conséquent, les éoliennes ne peuvent pas profiter des mêmes économies d'échelle que les centrales thermiques. Il y a différentes perspectives dans lesquelles s'inscrire à propos de la création d'emplois dans les secteurs des énergies renouvelables. Chaque nouvel emploi est tout à fait bienvenu, certainement dans les pays confrontés au problème du chômage structurel, comme en Belgique. Comme, dans certains secteurs des énergies renouvelables, la création d'emplois s'explique par l'absence des économies d'échelle classiques, elle est la conséquence directe d'une moindre efficacité économique. Si on ajoute à cela qu'en Belgique, le coût du travail est le plus élevé du monde, l'énergie renouvelable va sensiblement faire monter le prix par kWh, il pourrait difficilement en aller autrement. Les technologies utilisant des énergies renouvelables ont beau fonctionner grâce à une offre gratuite de soleil et de vent, le travail a tout de même un prix élevé. De ce point de vue, on peut spéculer sur le fait que la part des technologies de production à fort coefficient de capital restera plus importante dans les pays où le coût du travail est très élevé, comme en Belgique, que dans les régions où les coûts du travail sont beaucoup moins élevés.

Nombreux sont ceux qui ont réagi à la récession économique en proposant la vision d'un nouveau « New Deal vert » comme réponse à la crise. Il y est toujours question de création d'emplois grâce à l'énergie renouvelable. Réelle, certes, cette création d'emplois n'est cependant pas une réponse pertinente à la crise. Si les prévisions pour l'Allemagne peuvent se réaliser rapidement – pas en 2020, mais en 2012 par exemple –, 1% de la population allemande active travaillera dans les secteurs de l'énergie renouvelable. Ce qui signifie que 99% continuent à travailler dans d'autres secteurs économiques. Une reprise économique durable après la crise actuelle doit donc être généralisée, au profit de tous les secteurs économiques. Les secteurs de l'énergie verte sont encore trop petits pour amorcer une relance économique. Avec le temps, il est bien sûr possible que cela change, certainement si la transition réussit.

Les secteurs de l'énergie verte sont encore trop petits pour amorcer une relance économique.

10^E CONDITION DE LA TRANSITION : EXPÉRIMENTER ET CONCLURE.

Pour avoir une bonne vision du potentiel des innovations possibles en matière de transition, il faut faire un maximum d'expérimentations.

De nouvelles technologies et de nouvelles formes d'organisation jouent un rôle important pour l'évolution de la transition sur le long terme. Pour avoir une bonne vision du potentiel des innovations possibles en matière de transition, il faut faire un maximum d'expérimentations. Comment pourrait-on faire mieux autrement, pour approcher le véritable potentiel du biogaz et de la biomasse, par exemple ? Par l'expérimentation, les communautés locales peuvent aussi récolter des effets d'apprentissage qui pourront ensuite être diffusés. Quelles économies d'énergie sont possibles à court, à moyen et à long terme ? Quels sont les investissements nécessaires, et combien de temps pense-t-on devoir attendre les retombées positives ? Quelles options de financement sont disponibles ou bien réalisables par de nouveaux acteurs ? Quelle est l'échelle optimale et quelle est la meilleure formule pour le covoiturage, les réseaux de chaleur, la cogénération d'énergie pour les quartiers d'habitations, le stockage de chaleur local, etc. ? Cela a-t-il du sens d'acheter une éolienne par quartier d'habitations ou vaut-il mieux investir dans le covoiturage ? Ce ne sont que quelques exemples parmi de nombreuses questions. La réponse peut être trouvée en expérimentant, puis en procédant à une évaluation critique.

La décentralisation d'une partie de la politique de recherche et développement correspond à une attention croissante aux problèmes écologiques à tous les niveaux locaux.

Beaucoup de gens ont une tendance naturelle à faire des expériences. Mais lorsque ces expérimentations ont des conséquences financières importantes, leur nombre devient déjà beaucoup plus faible. Par conséquent, les pouvoirs publics ont le rôle de soutenir les petites expériences et initiatives d'apprentissage locales. Cela peut se faire en réservant pour des expériences modestes une partie des budgets à affecter à la recherche et au développement. Les budgets pour la recherche et le développement sont habituellement toujours affectés aux mêmes consortiums qui souhaitent se consacrer à de grandes technologies dans de grands laboratoires. La décentralisation d'une partie de la politique de recherche et développement correspond à une attention croissante aux problèmes écologiques à tous les niveaux locaux et, en principe, elle pourrait se produire assez rapidement.

Il est essentiel d'expérimenter, mais il est encore beaucoup plus important de procéder à des évaluations. Chaque expérience doit résulter en une analyse critique : qu'est-ce qui marche et qu'est-ce qui ne marche pas, qu'est-ce qui est réalisable, quels sont les problèmes et comment les résoudre ? L'évaluation doit être diffusée de manière

Des applications Internet intelligentes permettent de rendre très bien accessibles les effets d'apprentissage des expériences locales.

à ce que les parties intéressées aient accès à ces expériences utiles. Sinon, certaines expériences seront répétées inutilement, ce qui représente une grande perte de temps. Des applications Internet intelligentes permettent de rendre très bien accessibles les effets d'apprentissage des expériences locales.

11^E CONDITION DE LA TRANSITION : NE FAITES PAS DE CARICATURE DE LA DIMENSION SOCIALE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

Une taxe sur le CO₂ ne s'accompagne pas systématiquement de conséquences asociales. Les problèmes de pauvreté ne sont pas la conséquence du niveau des prix de l'énergie.

Phénomène récent, les débats sur les technologies comportent une dimension sociale. Chaque technologie interagit avec la société et se définit donc comme construction sociale. La dimension sociale des politiques énergétique, climatique et de transition concerne surtout l'impact des mesures pour les personnes les plus précarisées. Il s'agit principalement des revenus les plus bas. Il ne fait pas de doute que l'utilisation de l'instrument des prix éveille la méfiance des représentants de la société civile. L'énergie, disent-ils, est déjà suffisamment chère, et, par conséquent, une nouvelle augmentation des prix, par exemple par une taxe sur le CO₂, serait essentiellement asociale. Avec ce type de raisonnement erroné, les représentants de la société civile font le jeu de ceux qui, pour une raison ou une autre, veulent freiner la politique énergétique ou climatique. Car qui voudra avoir l'air asocial ?

Mais les problèmes de pauvreté ne sont pas la conséquence du niveau des prix de l'énergie. La pauvreté est un concept relatif et le plus souvent le résultat de plusieurs facteurs tels que la situation familiale, le niveau de scolarité et de formation et les chances sur le marché du travail, des facteurs relatifs à la santé, etc. Dans les pays civilisés, les autorités élaborent une politique visant à aider les groupes où les revenus sont les plus bas. La politique de lutte contre la pauvreté a souvent une dimension énergétique directe. Ainsi, des chèques-énergie ont été instaurés lorsque les prix du mazout et du gaz naturel avaient augmenté. Les conséquences de la politique de transition sur les prix doivent en principe être compensées par la politique sociale existante. La thèse qui consiste à dire que les pauvres seront les victimes de la politique de transition part donc de l'hypothèse selon laquelle la politique sociale actuelle est inefficace. Si c'est vrai, le gouvernement doit alors adapter sa politique sociale.

La politique climatique actuelle axée sur les ménages génère un flux important de revenus qui vont exclusivement à la classe moyenne et aux revenus les plus élevés.

12^E CONDITION DE LA TRANSITION : FAITES LA DISTINCTION ENTRE LES MESURES CLIMATIQUES POPULAIRES ET CE QUI N'EST PUREMENT QUE CADEAUX FISCAUX AUX CATÉGORIES DE REVENUS ÉLEVÉS.

Néanmoins, la politique énergétique et climatique actuelle est effectivement asociale, mais pour une tout autre raison. La politique climatique actuelle – du moins la partie axée sur les ménages – génère un flux important de revenus qui vont exclusivement à la classe moyenne et aux revenus les plus élevés. En Belgique, il est possible d'obtenir des subsides directs et indirects pour toute une série d'investissements, depuis les investissements dans l'isolation jusqu'à ceux dans le placement de panneaux solaires. Celui qui fait l'acquisition d'une voiture relativement économe profite d'une prime écologique.

En raison de ces avantages fiscaux, ces investissements dans les économies d'énergie sont des mesures climatiques parmi les plus populaires. À cet égard, on peut s'interroger : s'agit-il vraiment de mesures climatiques ? Une mesure climatique a pour objectif de limiter les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre. On suppose implicitement que, sans la mesure climatique, il n'y a pas de réduction du CO₂. Si la réduction de CO₂ se réalise même sans la mesure climatique en question, celle-ci est évidemment superflue.

Tout le monde sait qu'investir intelligemment dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique est toujours rentable parce que le montant des investissements est récupéré grâce aux économies ultérieures sur la facture d'énergie. Tout le monde ne peut naturellement pas financer ces investissements à n'importe quel moment. Il se peut aussi que l'on manque des compétences nécessaires pour réaliser les investissements les plus rentables. Mais est-ce bien pertinent ? Est-ce que ça change vraiment quelque chose qu'un ménage ne réalise pas d'investissements dans les économies d'énergie en 2009 mais, pour des raisons financières, attende 2012 ? La réponse à cette question dépend de la capacité à réaliser ces investissements. Le nombre de techniciens et d'installateurs pour de tels projets d'investissement est déterminé par le nombre de clients pour ces projets. Ce nombre est relativement stable à court terme, tout comme le

Les mesures d'incitation fiscale aux économies d'énergie ne permettent pas aux gens qui n'ont pas d'avoirs en caisse d'exécuter leurs projets d'investissement vraiment quand ils le veulent.

Parmi ces projets qui sont assortis d'avantages fiscaux, nombreux, voire très nombreux sont ceux qui auraient de toute manière été exécutés même sans les avantages fiscaux. L'effet d'aubaine est par conséquent très important dans la pratique.

nombre de projets de rénovation exécutés chaque année. Si tous les propriétaires d'une vieille habitation sans double vitrage ou avec une vieille chaudière décident aujourd'hui de réaliser des investissements dans le remplacement, les délais d'attente seront très long pour une grande partie de ces projets. Déjà aujourd'hui, les carnets de commande des installateurs sont pleins. Sur le long terme, le nombre de techniciens et d'installateurs peut bien sûr augmenter sensiblement, ce qui suppose un plus grand nombre d'étudiants s'orientant vers l'enseignement technologique.

Les mesures d'incitation fiscale aux économies d'énergie ne permettent pas aux gens qui n'ont pas d'avoirs en caisse d'exécuter leurs projets d'investissement vraiment quand ils le veulent. Les avantages fiscaux ne sont susceptibles d'être intéressants que pour ceux qui peuvent financer l'investissement eux-mêmes. Mais pourquoi l'investissement ne serait-il pas réalisé dans cette catégorie de propriétaires de capitaux ? Il ne semble pas rationnel de ne pas réaliser des économies d'énergie futures attrayantes. Il y a bien sûr des gens qui préfèrent consacrer le peu de temps dont ils disposent à d'autres projets que des investissements dans la rénovation, et c'est leur droit. Les avantages fiscaux peuvent décider une partie de ce groupe à accélérer ces investissements à condition que les avantages promis soient temporaires (par exemple jusqu'à une certaine date au plus tard). Actuellement, les avantages fiscaux ne sont pas temporaires, et celui qui attend pour investir, profite tout de même toujours de l'avantage.

Finalement, les avantages fiscaux bénéficient au groupe de propriétaires qui peuvent financer eux-mêmes les investissements et qui, de toute manière, avaient prévu de réaliser ces investissements à plus ou moins brève échéance. Parmi ces projets qui sont assortis d'avantages fiscaux, nombreux, voire très nombreux sont ceux qui auraient de toute manière été exécutés même sans les avantages fiscaux. En effet, ces projets sont par eux-mêmes intéressants sur le plan financier. Dans son rapport sur l'évaluation de la politique climatique fédérale, la Cour des comptes fait remarquer que « l'ampleur de cet effet «d'aubaine» n'est pas connu ». Toutes les études internationales étudiant l'impact des incitants (fiscaux, etc.) sur les investissements dans les économies d'énergie dans l'industrie montrent que la plupart des projets auraient de toute manière été exécutés. L'effet d'aubaine est par conséquent très important dans la pratique.

En Belgique, le nombre de réductions d'impôt accordées pour les investissements dans les économies d'énergie a augmenté, passant de 95 477 en 2003 à 173 484 en 2005. Pour les années 2006, 2007 et 2008, la Cour des comptes n'a, semble-t-il, pas pu rassembler de statistiques, mais il paraît très probable que le nombre de bénéficiaires

aurait continué à croître après 2005. Il est impossible de comparer ces chiffres avec le nombre total de contribuables qui pourraient potentiellement bénéficier de cette mesure. En effet, tout le monde n'est pas au courant de l'existence des avantages fiscaux. Il ressort d'une étude réalisée par l'Agence flamande de l'Énergie qu'en 2007, 63% des personnes propriétaires de leur maison savaient qu'il existait des avantages fiscaux. Dans les catégories sociales les plus élevées, 77% étaient au courant, tandis que les catégories sociales les moins élevées, 50% étaient au courant. En 2003, ces chiffres étaient certainement beaucoup plus faibles, et, comme d'habitude, ce sont surtout les personnes diplômées qui profitent d'abord des mesures de faveur fiscale.

TABLEAU 4-3 : RÉDUCTIONS D'IMPÔTS ACCORDÉES POUR DES MESURES D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE

Année d'imposition		Flandre	Wallonie	Bruxelles	Belgique
2003	Nombre	63 856	25 934	5 687	95 477
	Montant en €	24 986 310	11 053 879	2 597 602	38 637 791
	Montant moyen	391,3	426,2	456,8	404,7
2004	Nombre	82 659	30 698	6 816	120 173
	Montant en €	33 109 943	13 020 779	3 220 022	49 350 744
	Montant moyen	400,6	424,2	472,4	410,7
2005	Nombre	117 966	45 693	9 825	173 484
	Montant en €	53 764 005	22 271 116	5 319 270	81 354 391
	Montant moyen	455,8	487,4	541,4	469

SOURCE: COUR DES COMPTES (2009). POLITIQUE CLIMATIQUE FÉDÉRALE. APPLICATION DU PROTOCOLE DE KYOTO (SUR BASE DU SPF FINANCES), BLZ.18

Les réductions d'impôts octroyées étaient en moyenne de 404 euros par contribuable en 2003 et ont augmenté pour être de 469 euros par contribuable en 2005. Le total des réductions d'impôts octroyées est passé de 38 637 791 euros en 2003 à 81 354 391 euros en 2005, soit une augmentation de 110%. Il paraît logique qu'après 2005, le total des réductions d'impôts octroyées ait encore fortement augmenté, mais pour le moment, les statistiques à ce propos ne sont pas encore disponibles. En 2008 et 2009, le total des réductions d'impôts pourrait s'élever à 150 millions d'euros, mais pourrait tout aussi bien dépasser ce montant, et de beaucoup. Entre 2003 et 2005, environ 65% des réductions d'impôts étaient offertes aux contribuables flamands.

L'avantage fiscal pour les mesures d'économie d'énergie revient essentiellement à une diminution sélective de la pression fiscale pour les catégories de revenus moyens à élevés. La réduction d'impôts profite en effet aux personnes propriétaires de leur maison

L'avantage fiscal pour les mesures d'économie d'énergie revient à une diminution sélective de la pression fiscale pour les catégories de revenus moyens à élevés.

Grâce à l'investissement, les propriétaires profitent de deux avantages financiers : l'économie des coûts d'énergie et l'augmentation de la valeur du bien immobilier.

Est-ce que le gouvernement a pour mission de développer des mécanismes fortement régressifs ?

qui peuvent financer eux-mêmes l'investissement et qui sont au courant de l'existence des incitants fiscaux. Pour les faibles revenus, il est pour ainsi dire exclu de « profiter » de la possibilité de se voir offrir une réduction d'impôts puisqu'il y a ces trois conditions. Pour ces raisons, les avantages fiscaux octroyés sont très régressifs : la redistribution de revenus ne profite qu'aux revenus les plus élevés.

En outre, la plus-value écologique des avantages fiscaux est limitée en raison de l'effet d'aubaine décrit plus haut. Il y a aussi des investisseurs malins qui reportent expressément les investissements dans l'isolation afin de pouvoir maximaliser les avantages fiscaux sur plusieurs années. Ils isolent d'abord le toit et déduisent fiscalement cet investissement, puis ils attendent un an ou deux pour placer de nouvelles fenêtres et déduire fiscalement ces dépenses également. La limite d'exonération par année fiscale peut, dans la pratique, provoquer le report d'investissements économiseurs d'énergie.

Et comme si cela ne suffisait pas encore, il faut aussi tenir compte de l'augmentation de valeur des habitations après ces investissements dans les économies d'énergie. Grâce à l'investissement, le propriétaire profite de deux avantages financiers : l'économie des coûts d'énergie et l'augmentation de la valeur du bien immobilier. Comme propriétaire, on serait heureux de la politique climatique belge pour moins que ça. C'est discriminatoire pour les propriétaires qui ne peuvent financer eux-mêmes les investissements dans les économies d'énergie. En effet, la valeur de leur bien immobilier augmente plus lentement.

Est-ce que le gouvernement a pour mission de développer des mécanismes fortement régressifs alors que les moyens, qui sont limités, seraient mieux employés à des investissements dans l'amélioration de l'efficacité des bâtiments publics ou dans les quartiers sociaux ?

Pourquoi la politique de subventions actuelle est-elle utilisée pour offrir à la classe moyenne et aux revenus les plus élevés une baisse d'impôt dissimulée. La pression fiscale belge est très forte, mais certains partis politiques sont plutôt hostiles à des réductions générales d'impôts, en tout cas pour les plus fortunés. Une diminution de la pression fiscale pour ces groupes doit donc s'effectuer de manière dissimulée, en l'occurrence sous la forme d'une mesure climatique. Et le crédit d'impôt écologique actuel fonctionne très bien.

La politique climatique belge prévoit aussi une ristourne fiscale à l'achat d'une nouvelle voiture dont les émissions de CO₂ par kilomètre ne dépassent pas une certaine limite. Depuis le 1^{er} juillet 2007, il s'agit d'une ristourne sur la facture accordée par le vendeur,

Combien de personnes bénéficiant du revenu d'intégration conduisent une Toyota Prius neuve ?

qui la récupère auprès du SPF Finances. Pour 2008, cette ristourne s'élève à 15% (avec un maximum de 4350 euros) pour les voitures émettant moins de 105 g de CO₂ /km et à 3% (avec un maximum de 810 euros) pour les voitures émettant entre 105 et 115 g/km. Cette ristourne est l'équivalent d'une diminution de la TVA de 21% à 6%.

Selon la Cour des comptes, pour les neuf premiers mois de 2008, les véhicules économes en énergie achetés ont bénéficié d'une ristourne fiscale pour un montant total de 26 millions d'euros. Sur un an, cela revient à environ 35 millions d'euros. Cette ristourne profite pratiquement exclusivement aux revenus les plus élevés parce que les revenus les plus bas sont orientés vers les marchés de l'occasion ou vers les transports publics. Combien de personnes bénéficiant du revenu d'intégration conduisent une Toyota Prius neuve ?

À l'achat d'un véhicule économe en énergie, l'effet d'aubaine intervient aussi très fort parce que l'avantage fiscal a été introduit à une période de forte augmentation des prix du carburant. Par conséquent, tous les consommateurs sont automatiquement plus soucieux de la consommation de carburant de leur nouvelle voiture.

Cette mesure fiscale est souvent critiquée parce qu'il y a peu de voitures qui répondent aux critères stricts en matière de CO₂. Ainsi, pour les neuf premiers mois de 2008, seulement 7775 véhicules pour lesquels la ristourne est de 15% ont été vendus. Il s'agit surtout de petites voitures que les ménages achètent comme deuxième véhicule, mais qui ne sont pas vraiment attractives comme voiture unique pour une famille avec enfants. L'impact écologique de ces 7775 voitures sur un parc automobile de plus de 5 millions d'unités peut difficilement être spectaculaire. La ristourne fiscale offerte paraît une goutte dans l'océan, mais on pourra voir des changements avec l'introduction, en 2009, de nouveaux modèles comme la Honda Insight et surtout la nouvelle Volkswagen Golf 1.6 TDI. La Golf 1.6 TDI avec 104 g de CO₂ /km aura certainement du succès, et nous pouvons donc supposer que les années 2009 et 2010 verront une augmentation spectaculaire du nombre d'achats de voitures pour lesquelles la ristourne est de 15%. Car les concurrents de la Volkswagen Golf s'emploient, eux aussi, à développer des véhicules plus économes qui, bientôt, pourront aussi prétendre à la ristourne de 15%. Cela signifie, pour le gouvernement, une augmentation importante de la facture des ristournes fiscales accordées pour les voitures à faible émission de CO₂. À quoi vient s'ajouter le fait que, comme ces voitures sont moins utilisées, les recettes provenant des accises et de la TVA sur la vente de carburant risquent de diminuer. Ceci en supposant que le nombre de kilomètres parcourus reste inchangé. Les voitures économes en énergie sont cependant

Cela signifie, pour le gouvernement, une augmentation importante de la facture des ristournes fiscales accordées pour les voitures à faible émission de CO₂.

L'impact écologique des subsides en capital est en partie déterminé par le prix de l'énergie.

Il serait souhaitable de supprimer sans tarder les subventions pour le climat comportant des implications régressives d'effet d'aubaine.

La plupart des opérateurs énergétiques font des bénéfices de manière constante, mais ces bénéfices ne sont pas excessifs.

plus chères que les véhicules moins efficaces, de sorte que le coût en capital annuel augmente. En même temps, le coût de consommation par kilomètre diminue, ce qui peut inciter à rouler plus – puisque j'ai acheté une voiture économe, autant rouler plus – de sorte qu'une partie des avantages écologiques de la voiture économe en énergie soit neutralisée par l'augmentation des émissions, conséquence du plus grand nombre de kilomètres parcourus. On parle d'« effet rebond ». Pour empêcher son apparition, on ne peut faire autrement que d'augmenter les prix de l'énergie. L'impact écologique des subsides en capital est en partie déterminé par le prix de l'énergie.

Si l'on additionne les avantages fiscaux des investissements dans les économies d'énergie à la ristourne fiscale accordée pour les voitures à faible émission de CO₂, on doit tirer la conclusion que le gouvernement consent un gros effort au profit des revenus les plus élevés. Il se pourrait bien que la facture annuelle 2009 et 2010 se monte à plus de 300 millions d'euros. Si, en 2010, 50 000 nouvelles voitures obtiennent la ristourne fiscale de 15%, le gouvernement paiera déjà 140 millions d'euros. Est-ce un scénario souhaitable pour les pouvoirs publics alors qu'ils seront confrontés à des déficits budgétaires au cours des dix prochaines années ?

Une simple taxe sur le CO₂ aurait entraîné les mêmes investissements à plus ou moins brève échéance, mais sans coût pour le gouvernement. Il serait souhaitable de supprimer sans tarder les subventions pour le climat comportant des implications régressives d'effet d'aubaine.

13^E CONDITION DE LA TRANSITION : FONDER L'ANALYSE DES DIFFÉRENTS AVIS SUR L'AVIDITÉ POUR DU CASH-FLOW : LA SORTIE DU NUCLÉAIRE NE S'INTÉRESSE PAS SEULEMENT À LA TECHNOLOGIE NUCLÉAIRE.

Le secteur de l'énergie est un secteur d'activité important mais relativement limité. Une caractéristique frappante en est la relative stabilité de sa rentabilité. La plupart des opérateurs énergétiques font des bénéfices de manière constante, mais ces bénéfices ne sont pas excessifs. Si on compare les bénéfices des opérateurs énergétiques avec la rentabilité du secteur financier dans les années folles jusqu'en 2008 ou avec les meilleures firmes pharmaceutiques ou d'autres entreprises de haute technologie, le

Le secteur énergétique est un secteur en réseau dont toutes les composantes tirent leur valeur de l'intégration dans un ensemble d'un haut niveau de qualité.

Le débat sur l'énergie nucléaire porte surtout sur la redistribution des cash-flows futurs dans le marché de l'électricité.

La fermeture des centrales nucléaires sera compensée par quelques grandes centrales au charbon et à gaz et par un supplément d'éoliennes.

Nous ne pouvons pas simplement avoir recours aux importations pour nos besoins de secours.

secteur énergétique est surtout un secteur performant mais quelque peu ennuyeux. La perspective d'une rentabilité stable et appréciable n'attire pas que les investisseurs au profil défensif. Il y a toujours des nouveaux venus qui souhaitent percevoir une partie des cash-flows attrayants générés par les services énergétiques. Le secteur énergétique est pourtant un secteur en réseau dont toutes les composantes tirent leur valeur de l'intégration dans un ensemble d'un haut niveau de qualité. On pourrait demain se mettre à diviser le mazout ou le charbon, mais il en va autrement pour la distribution du gaz et de l'électricité.

Le débat sur l'énergie nucléaire ne porte pas tellement sur les technologies, mais surtout sur la redistribution des cash-flows futurs dans le marché de l'électricité. Dans le modèle classique, l'électricité baseload est produite de manière constante par les centrales nucléaires tout autant que par les centrales au charbon, et, pour répondre aux fluctuations de la demande (besoins de pointe) on active principalement des centrales à gaz. Avec ce modèle, il y a, dans tous les pays, beaucoup d'argent à gagner. Tant que les centrales nucléaires continuent à fonctionner, il n'y a pas beaucoup de possibilités pour de nouveaux acteurs du marché voulant investir dans la capacité de base et la capacité de pointe en Belgique. Le gouvernement a donc décidé de fermer les centrales nucléaires après quarante années de service afin d'offrir une chance à de nouveaux acteurs. Le gouvernement aurait aussi pu décider de fermer les centrales nucléaires, par exemple après trente-cinq ans, mais cela aurait signifié l'annulation de capital encore productif et pour lequel il aurait fallu payer une compensation importante.

La fermeture des centrales nucléaires sera compensée par quelques grandes centrales au charbon et à gaz et par un supplément d'éoliennes. Par conséquent, les émissions de CO₂ ne peuvent qu'augmenter fortement tant que le captage et stockage du carbone ne sera pas devenu une réalité. Affirmer que la totalité de capacité nucléaire peut être remplacée par des éoliennes tient de l'affabulation. En l'absence de vent, il faut avoir recours à la capacité de secours locale, et il s'agira principalement de centrales à gaz.

Nous ne pouvons pas simplement avoir recours aux importations pour nos besoins de secours. Pourquoi les autres pays investiraient-ils dans nos besoins de secours si nous ne sommes pas prêts à le faire nous-mêmes ? Il est d'ailleurs curieux de commencer par présenter l'énergie renouvelable comme un instrument permettant d'augmenter la sécurité énergétique, soi-disant, pour ensuite, aux moments critiques, se retrouver dans une situation où l'on dépendrait des importations d'électricité. Compter sur des importations supplémentaires serait aussi une mauvaise manœuvre sur le plan

stratégique. Si d'autres pays investissaient déjà dans une capacité de secours onéreuse – mais rien ne l'indique pour le moment –, cette capacité serait vendue au plus offrant puisque nous évoluons vers la libéralisation du marché de l'électricité. Plus il y a de pays qui investissent dans l'énergie éolienne sans secours, plus la demande collective de secours par temps calme augmentera.

Les acteurs privés ont le droit de faire réguler les marchés à leur avantage. Les décideurs se comportent toujours dans le sens de l'intérêt public. La seule position de départ correcte consiste en un débat transparent sur notre avenir énergétique, en ayant conscience de l'ensemble des coûts et des avantages pour les acteurs publics et privés.

14^E CONDITION DE LA TRANSITION : LA SÉCURITÉ ÉNERGÉTIQUE DOIT AUSSI ÊTRE RECHERCHÉE D'UNE MANIÈRE EFFICACE EN TERMES DE COÛTS.

La sécurité énergétique est un concept en vogue. Celui qui plaide pour « plus de sécurité énergétique » se demande si nous pouvons vraiment faire confiance aux Russes et aux Arabes. Mais est-ce vraiment politiquement correct de porter un jugement aussi négatif sur ceux qui se trouvent à l'autre bout de la chaîne de l'énergie ? Et les Arabes et les Russes ne dépendent-ils pas aussi de notre disposition à acheter leurs produits énergétiques ? Quelles garanties ont-ils que nous continueront à leur acheter leurs produits ?

Les Arabes et les Russes ne dépendent-ils pas aussi de notre disposition à acheter leurs produits énergétiques ?

Celui qui plaide pour « plus de sécurité énergétique » peut aussi avoir recours à cet argument pour défendre ses propres intérêts.

Celui qui plaide pour « plus de sécurité énergétique » peut aussi avoir recours à cet argument pour défendre ses propres intérêts, par exemple comme argument pour des subsides importants destinés à la production des technologies utilisant des énergies renouvelables. Nous préférons oublier que nous contrôlons nous mêmes partiellement notre sécurité énergétique, les combustibles fossiles et l'uranium étant des sources d'énergie que l'on peut stocker. La plupart des pays ont des réserves stratégiques de pétrole pour environ 60 jours. De temps en temps, des voix s'élèvent pour augmenter ces réserves de manière à valoir pour 90, voir 120 jours. Ces propositions ne survivent pas à des discussions politiques sérieuses car le pétrole est une matière première suffisamment commercée pour que son prix soit partout le même. Si un pays arabe fermait ses robinets – ce qui torpillerait sa propre économie –, nous nous tournerions vers d'autres vendeurs pour obtenir du pétrole. Ceux-ci profiteraient temporairement

Qui peut imaginer une situation où tous les producteurs de pétrole prendraient la décision de ne plus produire de pétrole ?

N'est-il pas étonnant que personne ne plaide pour une industrie pharmaceutique nationale avec une production pour l'utilisation nationale.

La sécurité énergétique est un argument très pratique pour attirer de la clientèle vers l'énergie renouvelable.

d'une augmentation des prix due à une augmentation de la prime de risque dans le marché et devraient donc être reconnaissants au pays faisant la mauvaise tête. Qui peut imaginer une situation où tous les producteurs de pétrole prendraient la décision de ne plus produire de pétrole ? Celui qui le peut doit s'inquiéter de la sécurité énergétique sur le marché pétrolier.

Les marchés gaziers ne sont pas organisés à l'échelle mondiale mais régionale, et celui qui contrôle quelques réseaux de transport stratégiques aurait, en principe, la possibilité d'exploiter abusivement cette position dominante. Mais, à plus ou moins brève échéance, des doutes quant à l'indépendance de quelques réseaux de transport entraîneraient le développement d'alternatives.

L'énergie est naturellement d'une grande importance pour notre économie. Nous l'entendons dire tous les jours, et il n'y a pas grand chose à objecter. Beaucoup d'autres produits et services sont aussi très importants. Que ferions-nous sans les semi-conducteurs, par exemple, ou sans les ordinateurs, ou encore sans les réseaux informatisés ? Et combien de semi-conducteurs, d'ordinateurs et de réseaux informatisés produisons-nous actuellement dans notre pays ? Très peu... Dans la zone euro, on ne produit même plus du tout d'ordinateurs, on ne fait plus que les y assembler. Et au fond, personne ne s'en tracasse. Qu'est-ce que les Asiatiques entreprendraient avec leurs semi-conducteurs et avec leurs ordinateurs si le riche Occident cessait de leur acheter ces produits ?

Il en va de même pour les médicaments. Seule une fraction des médicaments dont dépendent les patients belges est produite dans notre pays. Si cet apport de médicaments produits à l'étranger venait brusquement à se tarir, des dizaines de milliers de nos compatriotes seraient littéralement en danger de mort. Pourtant, personne ne plaide pour une industrie pharmaceutique nationale avec une production pour l'utilisation dans le pays. Et la vie des gens n'est-elle pas beaucoup plus importante qu'un vulgaire baril de pétrole ?

La sécurité énergétique est un argument très pratique pour attirer de la clientèle vers l'énergie renouvelable. Dans une politique climatique et énergétique efficace en termes de coûts, l'énergie renouvelable, à la longue, doit soutenir la concurrence des économies d'énergie ainsi que des réductions du CO₂ obtenues par des améliorations de l'efficacité dans le système d'utilisation des énergies fossiles. Cette concurrence ennuyeuse peut être éliminée en brandissant la sécurité énergétique. À ce propos, le pseudo-argument est le suivant : les économies d'énergie et l'augmentation de

Même si un pays est capable d'éliminer complètement la dépendance externe, il n'est pas à l'abri de chocs sur les prix des sources d'énergie fossile.

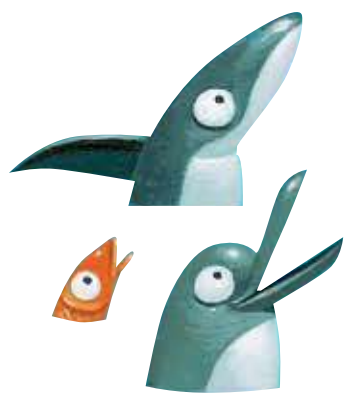
l'efficacité des systèmes d'utilisation des énergies fossiles sont en soi très positives, mais ne nous libèrent pas de la dépendance vis-à-vis des Arabes et des Russes, auxquels on ne peut se fier. Il est vrai que nous achetons moins de pétrole et de gaz, mais nous achetons encore toutes nos sources d'énergie à l'étranger. Notre dépendance vis-à-vis de l'extérieur en matière d'énergie paraît être totale (100%) bien qu'en volumes absolus, nous importons moins d'énergie. Seule la production locale d'énergie renouvelable peut faire diminuer ce pourcentage. À cet égard, nous devons nous poser la question de savoir quelle est la plus-value d'une moindre dépendance en matière d'énergie. Imaginons que notre dépendance diminue pour passer de 98% en 2009 à 67% en 2030. Que nous aura apporté cette amélioration spectaculaire ? En 2030, notre économie sera toujours très dépendante des combustibles fossiles, et nous ne seront pas complètement isolés des conséquences d'un choc sur les prix. Les effets d'un choc sur les prix sont vraisemblablement moindres que par le passé, mais il n'est pas certain que nous puissions éviter une inflation ou une récession après un choc sur les prix. Même si un pays est capable d'éliminer complètement la dépendance externe, il n'est pas à l'abri de chocs sur les prix des sources d'énergie fossile. Il est vrai que nous vivons dans une économie mondialisée où chaque pays entretient des relations commerciales avec d'autres pays. Si un pays est réellement indépendant sur le plan des énergies fossiles, mais que les voisins de ce pays sont encore toujours dépendants sur ce plan, les conséquences de chocs sur les prix des énergies fossiles vont tout de même apparaître petit à petit dans ce pays via les relations commerciales, alors qu'il n'importe plus de produits énergétiques. L'unique assurance totale contre les chocs sur les prix des énergies fossiles est une indépendance de tous les pays en matière d'énergie. Mais il faudra vraisemblablement attendre encore un peu.

15^E CONDITION DE LA TRANSITION : APPROCHER LA TRANSITION AVEC UN ESPRIT OUVERT : PEUT-ÊTRE VEUT-ON UNE TOUT AUTRE TRANSITION, OU MÊME NE VEUT-ON PAS DE TRANSITION DU TOUT.

Même le meilleur cadre politique – avec un prix global sur le CO₂, une augmentation des dépenses de recherche et développement dans le domaine des technologies utilisant

Chaque investissement, en plus du coût en capital, présente aussi un coût d'opportunité global ; il en va de même pour les investissements dans la transition énergétique.

des énergies renouvelables, une évaluation minutieuse de la politique, etc. – peut ne pas donner les résultats escomptés. La transition se déroule alors beaucoup plus lentement que prévu, et les émissions de CO₂ ne diminuent pas de manière suffisamment radicale. Si tous les agents économiques alignent leur comportement sur les prix corrects – notamment les valeurs du carbone pour provoquer des investissements dans la transition –, nous devons alors reconnaître que ces autorités ne conçoivent pas les investissements dans la transition énergétique comme une priorité globale. Nous payons le prix juste pour le CO₂, mais nous n'entrons pas à corps perdu dans l'histoire de la transition énergétique. Ceci indique l'existence d'autres opportunités que nous estimons plus importantes que la transition énergétique. Chaque investissement, en plus du coût en capital, présente aussi un coût d'opportunité global. Si nous devons de toute manière investir 45 000 milliards de dollars d'ici à 2050, ce montant doit-il intégralement être affecté à des projets énergétiques ? L'être humain est imprévisible et préfère peut-être investir dans d'autres biens privés et publics. Est-ce un drame ? Non, car ainsi, nous comprenons mieux l'appréciation sociale des objectifs abstraits imposés d'en haut.



PARTIE 5

**CONCLUSIONS ET
PROPOSITIONS**

Le système énergétique actuel n'est pas durable. En matière d'énergie, diverses problématiques demandent une solution comportant une transition ambitieuse sur le plan énergétique.

Les développements technologiques actuels excluent une révolution énergétique à court ou moyen terme. Jusqu'où irons-nous alors dans la transition énergétique ?

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) a calculé qu'une énergie de transition ambitieuse peut devenir une réalité à l'horizon 2050. Il n'est pas impossible que, dans leur ensemble, les émissions de CO₂ soient stabilisées, voire réduites de moitié. Pour ce faire, il est nécessaire de consentir des investissements supplémentaires pour un montant situé entre 17 000 et 45 000 milliards de dollars. Ces montants dépendent en outre de diverses hypothèses optimistes sur le plan technologique. Le coût réel de la transition sera vraisemblablement bien plus élevé.

La transition énergétique doit devenir un projet généralisé et n'a de chances de réussir que si l'on opte pour une politique efficace en termes de coûts. L'utilisation de l'instrument des prix et le rétablissement urgent des budgets pour la recherche et le développement sont au cœur de cette politique. Il faut aussi consentir d'importants investissements dans l'augmentation de l'efficacité des technologies utilisant des énergies fossiles parce que c'est là que résident les effets de levier les plus puissants que l'on puisse attendre. Les technologies utilisant des énergies fossiles représentent encore environ 90% de l'ensemble des systèmes d'utilisation des énergies, et une grande partie du capital relatif à l'énergie fossile doit être remplacée.

Les budgets pour la recherche et le développement doivent pouvoir être alloués en suffisance à des expérimentations de taille modeste. Ce n'est qu'en procédant à des expérimentations et des évaluations que l'on pourra mieux estimer le potentiel de chacune des options de transition. Toute région, toute ville, tout village devrait être stimulé à explorer le potentiel local pour la transition énergétique. De ces expérimentations pourront plus tard naître des modèles intéressants pour les affaires, modèles qui pourront ensuite être diffusés. Un défi à relever pour les pays et régions qui veulent faire connaître leur créativité.

PROPOSITIONS

- La réflexion sur la transition énergétique doit partir du point de vue de l'efficacité en termes de coûts.
- Les leviers les plus importants pour une transition énergétique efficace en termes de coûts sont l'instrument des prix, d'une part, et la relance des efforts en matière de recherche et développement, d'autre part.
- Expérimenter massivement – certainement au niveau local – doit être fortement encouragé.
- Chaque mesure pour réussir la transition énergétique doit être évaluée sur la base du coût par tonne de CO₂ évitée.

Quick wins

- Pour réussir la transition énergétique, il faut arrêter d'encourager les mesures les plus coûteuses, comme les panneaux solaires en Belgique. L'affectation de ces subsides à d'autres mesures de réduction des émissions permettra de décupler le rendement écologique par euro dépensé.
- Les mesures créant un effet d'aubaine dans la politique climatique, comme les subsides pour des investissements que les catégories de revenus élevés financeraient de toute manière, doivent également être immédiatement supprimées.
- En évaluant toutes les mesures énergétiques et climatiques de manière systématique, il sera possible de repérer des inefficacités. À terme, la politique pourra s'en trouver renforcée.

L'instrument des prix est le plus puissant levier de mobilisation du secteur privé, condition essentielle pour réussir la transition énergétique car les gouvernements ne pourront jamais financer eux-mêmes les investissements dans la transition énergétique. Attacher un prix aux émissions de CO₂ incite tous les agents économiques à rechercher des options permettant de réduire les émissions de CO₂ à terme. L'instrument des prix n'est sans doute pas parfait et doit à tout le moins être accompagné d'une politique de recherche et développement ambitieuse. Si les prix des produits énergétiques, faute d'être ajustés par les décideurs, continuent de ne pas être « justes », trop d'agents économiques continueront à prendre de mauvaises décisions. Si on n'utilise pas l'instrument des prix, on hypothèque l'impact d'autres mesures prises pour réussir la transition énergétique.

Pour être efficace en termes de coûts, la politique de transition se doit de viser l'optimisation des ressources (*value for money*) afin que la facture de la transition reste maîtrisable. Étant donné que la réduction des émissions de CO₂ est au centre de la réflexion actuelle sur la transition, il faut évaluer chaque mesure sur base du coût par tonne de CO₂ évitée. On commencera par utiliser le potentiel des options de réduction les meilleur marché. Les gouvernements ne doivent pas utiliser les maigres ressources pour promouvoir les technologies de réduction de CO₂ qui sont justement les plus coûteuses, comme les panneaux solaires en Belgique. La réduction de CO₂ serait décuplée si les subventions allouées à la production pour les panneaux solaires étaient investies dans d'autres technologies de réduction des émissions. L'énergie solaire mérite surtout une aide pour la recherche et le développement de manière à ce que, sur le long terme, il soit possible de commercialiser une technologie photovoltaïque plus efficace. Mais, comme le gouvernement avantage la vente de vieilles technologies, les subsides actuellement octroyés à la production s'avèrent ne pas constituer un stimulant qui provoquerait l'augmentation des budgets pour la recherche et le développement. Pour réussir la politique de transition énergétique, il est essentiel de procéder à des évaluations de l'impact des instruments et mesures d'aujourd'hui sur la dynamique technologique. Ces évaluations peuvent aussi révéler divers effets d'aubaine ou des traitements fiscaux de faveur déguisés bénéficiant aux revenus les plus élevés. Les mesures créant un effet d'aubaine doivent être supprimées le plus rapidement possible.

PROPOSITIONS

- En Belgique, l'introduction des taxes sur le CO₂ doit être intégrée dans une révision générale du système fiscal.
- Les recettes provenant des taxes sur le CO₂ peuvent être utilisées pour réduire quelque peu d'autres taxes.
- La sélectivité technologique, telle qu'une politique de transition sans captage et stockage de carbone ou sans énergie nucléaire, ne convient pas à une politique de transition qui ait du poids. Toutes les technologies évoluent, et la sélectivité, quelle que soit sa forme, rend la transition beaucoup plus coûteuse ; elle hypothèque même la réalisation d'un objectif ambitieux en matière de réduction des émissions.
- Les mécanismes de soutien qui protègent certaines technologies contre les différents types de concurrence doivent en principe disparaître.

La réouverture du débat sur une taxation du CO₂ au niveau mondial doit être liée au potentiel de l'instrument des prix afin de financer les transferts des pays riches vers les pays pauvres.

Les pays riches consomment énormément d'énergie, ce qui garantit un niveau élevé des recettes provenant des taxes sur le CO₂. Ce sont justement ces transferts qui peuvent inciter les pays en développement à participer à la politique de transition. Or la transition énergétique ne pourra pas être réussie sans la participation des principaux pays en développement.

En Belgique, l'introduction des taxes sur le CO₂ doit être intégrée dans une révision générale du système fiscal. Les recettes provenant des taxes sur le CO₂ peuvent être utilisées pour réduire quelque peu d'autres taxes. Toutefois, la taxe sur le CO₂ ne suffira pas à diminuer sensiblement les prélèvements sur les revenus du travail, qui posent problème de par leur niveau élevé.

Les analyses de l'AIE montrent que, pour faire de la transition énergétique une réalité, il faut utiliser de manière optimale toutes les options technologiques. Les investissements dans les économies d'énergie et dans l'efficacité énergétique peuvent générer plus de la moitié de l'indispensable réduction des émissions. Les technologies en matière d'énergies renouvelables ont aussi un rôle important à jouer, de même que le captage et stockage du CO₂ et, dans une moindre mesure, la technologie nucléaire. La sélectivité technologique, telle qu'une politique de transition sans captage et stockage du CO₂ ou sans énergie nucléaire, rend la transition beaucoup plus chère ; elle hypothèque même la réalisation d'un objectif ambitieux en matière de réduction des émissions de CO₂. Dans une politique efficace, toutes les options technologiques doivent être utilisées les unes contre les autres. Les mécanismes de soutien qui protègent certaines technologies contre les différents types de concurrence doivent en principe disparaître.

PROPOSITIONS

- L'esprit de système doit occuper une place centrale dans la politique de transition. Un point de vue systémique est en effet susceptible d'accélérer l'intégration des technologies utilisant des énergies renouvelables.
- Tout plaidoyer pour une augmentation de la production nationale d'électricité renouvelable doit se demander où et comment consommer ce supplément de production.
- Quel que soit le point de vue sur la transition énergétique, il faut avoir une vision claire de la dynamique technologique nécessaire.
- Les pouvoirs publics ne doivent pas eux-mêmes poser de choix technologiques, mais doivent précisément installer des leviers puissants pour que la transition se réalise.

Toutes les technologies utilisant des énergies présentent des avantages et des inconvénients. Mais nous devons continuer à utiliser les technologies existantes et les améliorer pour faire évoluer graduellement notre système énergétique. L'esprit de système doit occuper une place centrale dans la politique de transition. Une valorisation optimale des technologies renouvelables est possible en les liant à une capacité de stockage, de transport et de secours. Si on ne le fait pas, la politique que les subsides à la production ont rendue populaire ne va pas tarder à se heurter à ses propres limites. Le Danemark, un pays pionnier, n'a plus guère installé d'éoliennes après l'année 2000 parce que l'électricité produite s'est avérée difficile à valoriser sur le sol national. Celui qui plaide pour une augmentation de la production nationale d'électricité renouvelable doit aussi se demander où et comment consommer ce supplément de production. Les investissements nécessaires dans ce but doivent être répertoriés en toute transparence.

Depuis 1992, on parle beaucoup de la nécessité d'élaborer une politique climatique internationale volontariste. Depuis plus longtemps encore, nous parlons de la pénurie des énergies fossiles et de notre dépendance vis-à-vis des pays exportateurs de pétrole. Mais ces réflexions rencontrent très peu d'écho. Au cours des dix dernières années, les dépenses en recherche et développement dans le domaine des technologies utilisant des énergies, en montants absolus, ont même diminué. Les pays les plus riches ont naturellement des plans Climat avec de longues listes de mesures pour les différents secteurs économiques et pour les diverses technologies utilisant des énergies. Cependant, une vision claire sur la dynamique technologique nécessaire reste rare. Le

plus souvent, le choix porte sur des solutions de facilité, par exemple des subsides non suivis d'une évaluation approfondie des résultats obtenus. Bon nombre de lobbyistes peuvent s'en satisfaire...

Un changement de cap s'impose. Le succès de la transition énergétique dépend surtout de l'installation de leviers puissants, tels que l'instrument des prix et les efforts en matière de recherche et développement. Aujourd'hui, il n'est pas nécessaire de poser des choix technologiques ni de faire la promotion massive de quelques technologies choisies. Les technologies développées au cours des dernières années en faveur d'une politique trop laxiste n'ont pour le moment pas beaucoup à proposer... La sélection nécessaire générée par la concurrence entre les technologies et les options de réduction des émissions sera déterminée par les gains d'efficacité relatifs.

