

[R]évolution énergétique

VERS UN AVENIR ÉNERGÉTIQUE PROPRE ET DURABLE

EREC

EUROPEAN RENEWABLE
ENERGY COUNCIL

its-not-too-late.com

REJOIGNEZ
LA RÉVOLUTION
ÉNERGÉTIQUE GREENPEACE

its-not-too-late.com

Greenpeace International, Conseil européen des énergies renouvelables (EREC)

Date janvier 2007

Institut DLR, Institute of Technical Thermodynamics, Department of Systems Analysis and Technology Assessment, Stuttgart, Allemagne:
Dr. Wolfram Krewitt, Sonja Simon, Stefan Kronshage Ecofys BV, (Demand Projection), P.O. Box 8408, NL-3503 RK Utrecht, Kanaalweg 16-G,
NL-3526 KL Utrecht, The Netherlands: Wina Graus, Mirjam Harmelink

Partenaires régionaux: Amérique du Nord OCDE WorldWatch Institute: Janet Sawin, Freyr Sverrisson; GP Etats-Unis: John Coegyut Amérique latine Université de Sao Paulo: Ricardo J. Fujii, Prof. Dr. Stefan Krauter; GP Brésil: Marcelo Furtado Europe OCDE EREC: Oliver Schäfer, Arthouros Zervos Economies en transition Vladimir Tchouprov Afrique et Moyen-Orient Projet de référence: "Trans-Mediterranean Interconnection for Concentrating Solar Power" 2006, Dr. Franz Trieb; GP Méditerranée: Nili Grossmann Asie du Sud Rangan Banerjee, Bangalore, Inde; GP Inde: Srinivas Kumar Asie de l'est ISEP-Institute Tokyo: Mika Ohbayashi; GP Asie du Sud-Est: Jaspar Inventor, Tara Buakamsri Chine Prof. Zhang Xilian, Université de Tsinghua, Beijing; GP Chine: Ailun Yang OCDE Pacifique ISEP-Institute Tokyo, Japon: Mika Ohbayashi; Dialog Institute, Wellington, Nouvelle Zélande: Murray Ellis; GP Australie Pacifique: Catherine Fitzpatrick, Mark Wakeham; GP Nouvelle Zélande: Vanessa Atkinson, Philip Freeman

Conseil européen des énergies renouvelables (EREC) Arthouros Zervos, Oliver Schäfer

Greenpeace International Gavin Edwards, Sven Teske, Steve Sawyer, Jan van de Putte

Chef de projet Sven Teske, Greenpeace International

Auteurs Sven Teske, Arthouros Zervos, Oliver Schäfer

Rédaction Crispin Aubrey

Graphisme & mise en page Tania Dunster, Jens Christiansen, onehemisphere, Suède www.onehemisphere.se

Édition PrimaveraQuint, Pays-Bas

GPI REF JN 035. Publié par Greenpeace International et EREC. Imprimé à 100% sur du papier recyclé sans chlore

photo de couverture PARC D'ÉNERGIE ÉOLIENNE PRÈS DE DAHME. ÉOLIENNE DANS LA NEIGE EXPLOITÉE PAR VESTAS.
photo PETIT ICEBERG DANS LA BAIE FACE A LA VILLE DE NARSAAQ, AU SUD OUEST DU GROENLAND.

AVANT-PROPOS

Il apparaît aujourd'hui de plus en plus évident que l'avenir énergétique du monde doit impérativement s'inscrire en rupture nette avec les orientations et les modes de production et de consommation énergétiques du passé. Cet impératif découle autant de la nécessité de parvenir à une forme de sécurité énergétique que de l'urgence qu'il y a à maîtriser les pollutions locales dues à l'utilisation de divers combustibles mais aussi, bien entendu, le problème grandissant des changements climatiques, qui exigent que l'on réduise les émissions de gaz à effet de serre (GES) et tout particulièrement de dioxyde de carbone.

La présente publication analyse de façon stimulante les futures évolutions possibles en matière d'utilisation de l'énergie, en s'intéressant tout particulièrement à diverses technologies dont on prévoit l'émergence dans les prochaines années et décennies. Il est aujourd'hui universellement admis que l'adoption de nouvelles technologies - et un recours bien plus important à des techniques déjà existantes - offrent des perspectives très prometteuses en matière de réduction des émissions de GES. C'est pour cette raison que l'Agence internationale de l'énergie, qui par le passé fondait ses analyses sur une voie d'évolution unique de la demande et de l'offre énergétique, a aujourd'hui recours à des scénarios alternatifs qui tiennent compte des futures mutations technologiques possibles. De même, dans son quatrième Rapport d'évaluation, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) fait de la technologie un thème transversal, reconnaissant ainsi qu'il est important d'évaluer les possibilités offertes par la technologie face aux changements climatiques, qu'il s'agisse de les atténuer ou de s'y adapter.

Les preuves scientifiques de la nécessité d'une action urgente face au problème des changements climatiques sont aujourd'hui plus formelles et convaincantes que jamais. Les solutions d'avenir pourraient résider dans l'utilisation des technologies énergétiques renouvelables existantes, dans des efforts plus importants en matière d'efficacité énergétique et dans la propagation de technologies et d'alternatives énergétiques décentralisées. La présente publication offre une analyse bien documentée pouvant stimuler la réflexion sur les solutions à adopter dans ces domaines. Nous ne doutons pas que la lecture de cette étude peut être autant profitable aux connaisseurs de la problématique qu'à ceux qui cherchent une meilleure compréhension des sujets abordés dans les pages qui suivent.



Dr. R. K. Pachauri
PRÉSIDENT DU GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL
SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT
JANVIER 2007



INTRODUCTION

“POUR PARVENIR À UNE CROISSANCE ÉCONOMIQUEMENT ATTRACTIVE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES, UNE MOBILISATION RAISONNÉE ET COORDONNÉE DE TOUTES LES TECHNOLOGIES RENOUVELABLES EST TRÈS IMPORTANTE. CELA DÉPEND DES POSSIBILITÉS TECHNIQUES, DES COÛTS RÉELS, DU POTENTIEL DE RÉDUCTION DES COÛTS ET DE LA MATURITÉ DES TECHNOLOGIES.”



image TEST D'ÉOLIENNE N°0 2500, CONSTRUITE PAR L'ENTREPRISE ALLEMANDE NORDEX, DANS LE PORT DE ROSTOCK. CETTE ÉOLIENNE PRODUIT 2,5 MÉGAWATTS ET EST TESTÉE EN CONDITIONS OFFSHORE. AU MOINS 10 INSTALLATIONS DE CE TYPE VONT ÊTRE ÉRIGÉES À 20 KM DE L'ÎLE DE DARSS DANS LA MER BALTIQUE EN 2007. DEUX TECHNICIENS TRAVAILLENT À L'INTÉRIEUR DE LA TURBINE.

D'abord, la bonne nouvelle. Les énergies renouvelables, combinées à un usage intelligent de l'énergie, peuvent fournir la moitié des besoins énergétiques mondiaux d'ici 2050. Le présent rapport, "[R]évolution énergétique. Vers un avenir énergétique propre et durable", montre qu'il est économiquement possible de réduire les émissions mondiales de CO₂ de près de 50 % au cours des 43 prochaines années. Il conclut également qu'un recours massif aux sources d'énergie renouvelables est techniquement possible : seul manque un soutien réglementaire adéquat.

La mauvaise nouvelle, c'est que le temps commence à manquer. Les scientifiques s'accordent aujourd'hui très majoritairement sur le fait que des changements climatiques sont en cours, qu'ils sont causés en grande partie par les activités humaines (comme l'utilisation des combustibles fossiles) et que leurs conséquences seront catastrophiques, si l'on ne réagit pas. De plus, des preuves scientifiques sérieuses indiquent qu'il faut agir maintenant. Voilà ce qui apparaît dans les conclusions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), une institution des Nations unies regroupant plus de 1 000 scientifiques, dont le but est de conseiller les décideurs politiques en la matière. Il est peu probable que son prochain rapport, qui doit sortir courant 2007, dise autre chose.

Face à cette menace, le protocole de Kyoto engage les États l'ayant ratifié à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre de 5,2 % par rapport à leurs niveaux de 1990 durant une première période qui couvre 2008 à 2012. Cet engagement a conduit à l'adoption d'une série d'objectifs nationaux et régionaux de réduction. L'Union européenne dans son

ensemble s'est par exemple engagée à une réduction de 8 %. Pour parvenir à cet objectif, l'UE a également accepté d'accroître la part des énergies renouvelables de 6 % à 12 % d'ici 2010.

Les signataires du protocole Kyoto sont actuellement en train de négocier sa deuxième phase, couvrant la période 2013-2017. Durant cette période les pays industrialisés devront réduire leurs émissions de CO₂ de 18 % par rapport aux niveaux de 1990, puis de 30 % entre 2018 et 2022. Ce n'est qu'avec de telles réductions que nous avons des chances raisonnables de maintenir la hausse moyenne de la température planétaire en dessous de 2°C, augmentation au-delà de laquelle les effets des changements climatiques seront dévastateurs.

Parallèlement au réchauffement global, d'autres problèmes deviennent tout aussi pressants. La demande énergétique mondiale croît à un rythme effréné. Le recours exagéré à des sources d'énergie importées depuis une poignée de pays dont la situation politique est souvent instable, ainsi que la volatilité des cours du pétrole et du gaz, ont mis la sécurité de l'approvisionnement énergétique au premier rang des préoccupations politiques. Cette situation risque de peser considérablement sur l'économie mondiale. Mais s'il existe un large consensus sur la nécessité de changer notre façon de produire et de consommer l'énergie, il reste des désaccords quant à la façon d'y parvenir.

NOTRE SCÉNARIO ÉNERGÉTIQUE MONDIAL

Le scénario énergétique mondial présenté dans cette publication a été élaboré par le Conseil européen des énergies renouvelables (Erec) et Greenpeace international. Il se veut une proposition pratique en vue d'atteindre très rapidement les objectifs de réduction de CO₂ tout en garantissant une production énergétique dont le coût reste raisonnable dans le cadre d'un développement économique mondial continu. Ces deux objectifs importants peuvent tout à fait être atteints de concert. L'impérieuse nécessité d'une mutation dans le secteur de l'énergie implique que notre scénario ne s'appuie que sur des technologies durables ayant fait leurs preuves, comme l'utilisation de sources d'énergie renouvelables et une cogénération efficace et décentralisée. Les "centrales au charbon sans CO₂" et l'énergie nucléaire n'ont donc pas leur place dans notre scénario.

La voie de développement énergétique mondial durable d'ici à 2050, que décrit le présent rapport, a été élaborée par le Département d'analyse des systèmes et d'évaluation des technologies (Institut de thermodynamique technique) du Centre aérospatial allemand (DLR) sur une commande de Greenpeace international et du Conseil européen des énergies renouvelables (Erec). Le potentiel des sources d'énergie renouvelables, qui a été évalué en tenant compte de contributions provenant de tous les secteurs de l'industrie des énergies renouvelables à travers le monde, sert de base au scénario [R]évolution énergétique.

Les scénarios d'approvisionnement énergétique utilisés dans le présent rapport, qui s'étendent sur une plus longue période que les prévisions de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) en les extrapolant, ont été réalisés à l'aide du modèle de simulation MESAP/Planet. Ces scénarios ont ensuite été affinés par Ecofys de façon à tenir compte du potentiel des mesures d'efficacité énergétique. L'étude d'Ecofys envisage un développement ambitieux du potentiel d'efficacité énergétique s'appuyant sur les meilleures pratiques actuelles et les technologies qui seront disponibles demain. Résultat : le scénario [R]évolution énergétique prouve qu'il est possible de réduire la demande mondiale d'énergie finale de 47 % d'ici 2050.

LE POTENTIEL DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Le présent rapport démontre que les énergies renouvelables ne sont pas qu'un rêve pour demain : ce sont des technologies réelles, matures et utilisables à grande échelle. Des décennies de progrès technique ont vu des technologies énergétiques renouvelables comme les éoliennes, les panneaux solaires photovoltaïques, les centrales à la biomasse et les collecteurs solaires thermiques entrer progressivement dans la norme. Le marché mondial des énergies renouvelables connaît une croissance phénoménale : son chiffre d'affaires a été de 38 milliards de dollars en 2006, soit 26 % de plus que l'année précédente.

Le laps de temps dont nous disposons pour effectuer la transition des combustibles fossiles aux énergies renouvelables est toutefois relativement court. Au cours de la prochaine décennie, la plupart des centrales existantes dans les pays de l'OCDE vont arriver en fin de vie et devront être remplacées. Mais décider aujourd'hui de construire une centrale au charbon implique des émissions de CO₂ jusqu'en 2050. Par conséquent, ce que les fournisseurs d'énergie vont décider dans les prochaines années déterminera la configuration de l'approvisionnement énergétique de la prochaine génération. Nous sommes convaincus qu'il vaut mieux que ce soit une "génération solaire".

Si les pays industrialisés doivent de toute urgence repenser leur stratégie d'approvisionnement énergétique, les pays en développement devraient tirer les leçons des erreurs passées et bâtir leurs économies dès le départ sur des fondations plus solides, grâce à un approvisionnement

énergétique durable. De nouvelles infrastructures devront être mises en place pour que cela puisse se réaliser.

Les énergies renouvelables pourraient satisfaire jusqu'à 35% des besoins énergétiques mondiaux d'ici 2030, pour peu qu'il y ait la volonté politique de promouvoir leur déploiement à grande échelle au niveau mondial, dans tous les secteurs, en le combinant à des mesures d'efficacité énergétique extensives. Le présent rapport souligne que l'évolution des énergies renouvelables dépendra fortement à la fois des choix politiques de la communauté internationale et de ceux de chaque gouvernement.

En optant pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, les pays en développement peuvent quasiment stabiliser leurs émissions de CO₂ tout en augmentant leur consommation du fait de leur croissance économique. Les pays de l'OCDE devront réduire leurs émissions de plus de 80 %.

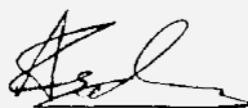
Il ne sera pas nécessaire de "s'éclairer à la bougie" pour y parvenir. Des normes techniques strictes pourront garantir que seuls les réfrigérateurs, les systèmes de chauffage, les ordinateurs et les véhicules les plus économes seront disponibles dans le commerce. Les consommateurs ont droit aux produits qui n'augmentent pas leur facture énergétique, ni ne détériorent le climat.

FAIRE DE NOTRE VISION UNE RÉALITÉ

Le présent rapport montre qu'un scénario "business as usual" ("on ne change rien, on continue comme ça"), fondé sur les prévisions des Perspectives énergétiques mondiales (World Energy Outlook – WEO) de l'AIE, n'est pas acceptable pour les générations futures. Les émissions de CO₂ doubleraient d'ici 2050 et la planète connaîtrait une élévation des températures bien supérieure à 2°C. Cela aurait des conséquences catastrophiques pour l'environnement, l'économie et les sociétés humaines. De plus, il est opportun de rappeler que l'ancien économiste en chef de la Banque mondiale, Sir Nicholas Stern, a clairement souligné dans son rapport que ceux qui investissent aujourd'hui dans les technologies efficaces et les énergies renouvelables seront les gagnants économiques de demain. À long terme, ne rien faire sera beaucoup plus coûteux qu'agir dès aujourd'hui.

Nous appelons donc les décideurs du monde entier à faire de cette vision une réalité. Les choix politiques des prochaines années vont déterminer la situation environnementale et économique du monde pour de nombreuses décennies. Notre monde ne peut pas se permettre de rester prisonnier de la voie "conventionnelle" de développement énergétique, reposant sur les combustibles fossiles, le nucléaire et d'autres technologies dépassées. Les énergies renouvelables peuvent et doivent jouer un rôle de premier plan dans l'avenir énergétique du monde.

Pour préserver l'environnement, et garantir stabilité politique et prospérité économique, le moment est venu de nous engager en faveur d'un avenir énergétique véritablement sûr et durable : un avenir fondé sur les technologies propres, le développement économique et la création de millions d'emplois.



Arthouros Zervos
CONSEIL EUROPÉEN
DES ÉNERGIES RENOUVELABLES



Sven Teske
GREENPEACE
INTERNATIONAL

JANVIER 2007

SYNTHÈSE

“LES RÉSERVES D'ÉNERGIE RENOUVELABLE TECHNIQUEMENT ACCESSIBLES DANS LE MONDE SONT SUFFISAMMENT IMPORTANTES POUR FOURNIR ENVIRON SIX FOIS PLUS D'ÉNERGIE QUE CE QUE LE MONDE CONSOMME ACTUELLEMENT. ET CE, POUR TOUJOURS.”

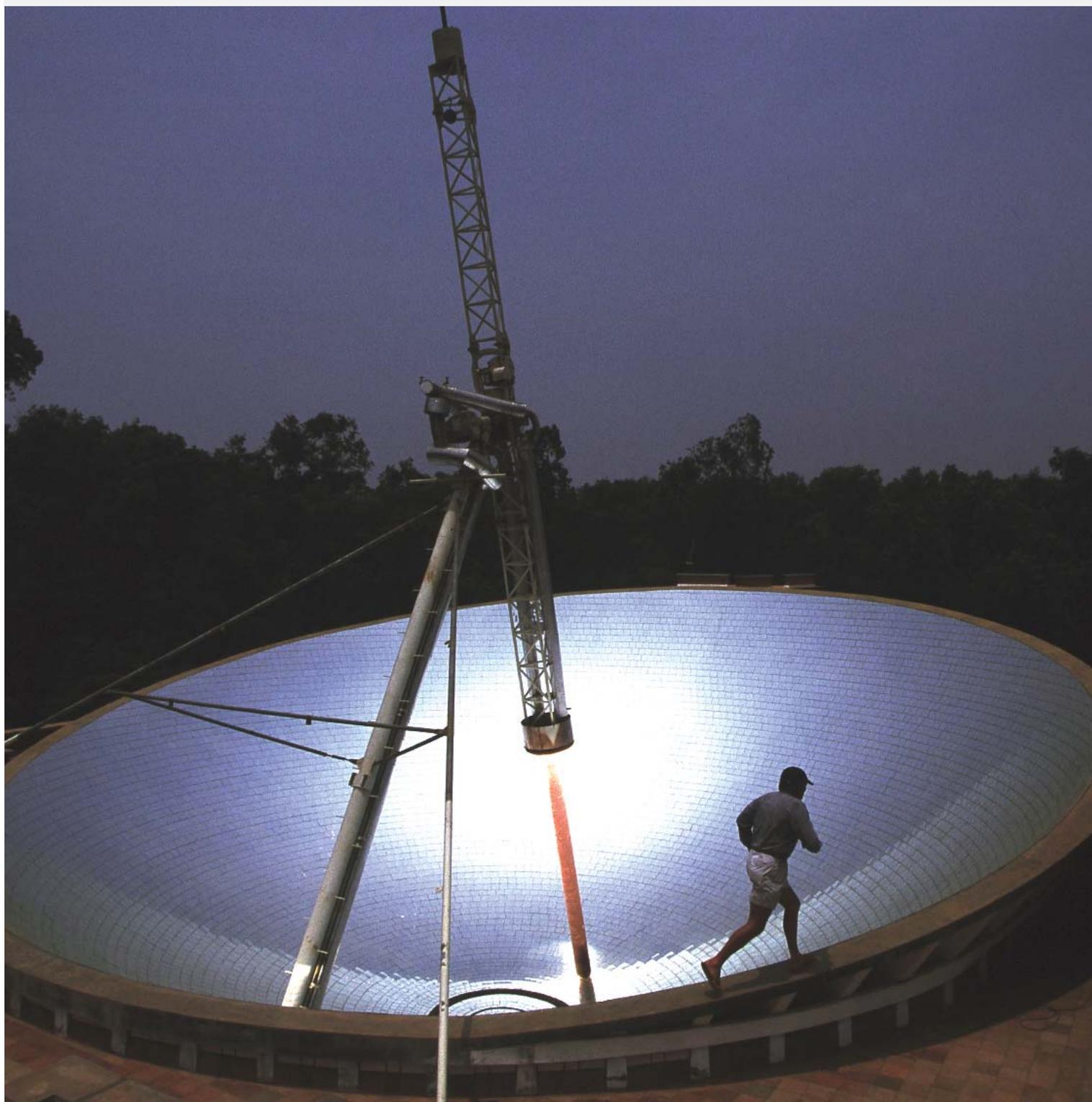


image “UN HOMME COURT SUR LE REBORD D'UNE PARABOLE SOLAIRE AU SOMMET DE LA CUISINE SOLAIRE D'AUROVILLE, TAMIL NADU, INDE. CETTE PARABOLE CAPTURE SUFFISAMMENT D'ÉNERGIE POUR GÉNÉRER LA CHALEUR NÉCESSAIRE À L'ALIMENTATION DE 2000 PERSONNES CHAQUE JOUR”.

MENACES ET SOLUTIONS CLIMATIQUES

Les changements climatiques planétaires, provoqués par l'accumulation constante de gaz à effet de serre dans l'atmosphère de la Terre, ont déjà commencé à perturber les écosystèmes et causent déjà environ 150 000 décès supplémentaires par an. Une élévation moyenne de la température planétaire de 2°C fait peser sur des millions de personnes une menace accrue de famines, d'épidémies de paludisme, d'inondations et de pénuries d'eau. Si nous voulons maintenir la hausse des températures dans des limites tolérables, nous devons considérablement réduire nos émissions de gaz à effet de serre. C'est raisonnable aussi bien d'un point de vue environnemental qu'économique. Le principal gaz à effet de serre est le dioxyde de carbone (CO₂) produit par l'utilisation de combustibles fossiles pour les transports et la production d'énergie.

Ravivée par l'envolée récente du prix du pétrole, la question de la sécurité de l'approvisionnement occupe aujourd'hui le premier rang des préoccupations politiques en matière d'énergie. L'une des raisons de cette hausse des cours s'explique par l'amenuisement des approvisionnements en combustibles fossiles (pétrole, gaz et charbon) et par l'augmentation de leur coût de production. L'époque du pétrole et du gaz bon marché touche à sa fin. L'uranium, le combustible utilisé par la filière nucléaire, est également une ressource en quantité limitée. Au contraire, les réserves d'énergie renouvelable techniquement accessibles dans le monde sont suffisamment importantes pour fournir environ six fois plus d'énergie que ce que le monde consomme actuellement – et ce pour toujours.

Les technologies énergétiques renouvelables varient beaucoup dans leur maturité technique et économique, mais les sources sont nombreuses et offrent de plus en plus d'options intéressantes. Ces sources comprennent l'énergie éolienne, la biomasse, l'énergie solaire photovoltaïque et thermique, la géothermie, l'énergie marémotrice et l'hydroélectricité. Elles ont pour point commun de ne produire que peu ou pas de gaz à effet de serre, et d'utiliser comme "matière première" des ressources naturelles quasiment inépuisables. Certaines de ces technologies sont déjà compétitives. Leur viabilité économique va s'améliorer encore à mesure qu'elles s'amélioreront techniquement, que les prix des combustibles fossiles continueront de grimper et que les émissions de dioxyde de carbone qu'elles permettront d'éviter se verront attribuer une valeur monétaire.

Dans le même temps, il est possible de réduire énormément notre consommation d'énergie, tout en bénéficiant de la même qualité de "services" énergétiques qu'aujourd'hui. Cette étude présente une série de mesures d'efficacité énergétique qui, combinées, peuvent réduire de façon importante la consommation des industries, des ménages, des entreprises et du tertiaire.

La solution à nos besoins énergétiques futurs repose sur un plus large recours aux énergies renouvelables aussi bien pour la production de chaleur que d'électricité. L'énergie nucléaire qui expose les populations et l'environnement à de multiples menaces n'est pas une solution. Cela comprend les risques et dommages environnementaux - depuis l'extraction de l'uranium, sa transformation en passant par son transport -, les risques de prolifération des armes nucléaires, le problème non résolu des déchets nucléaires et les conséquences d'un éventuel accident grave. La présente analyse écarte donc l'option nucléaire.

[R]ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE

Les changements climatiques exigent rien de moins qu'une révolution énergétique. Au cœur de cette révolution se trouve la nécessité de changer la façon dont l'énergie est produite, distribuée et consommée. Les cinq principes fondamentaux de cette mutation sont :

1. La mise en oeuvre de solutions renouvelables, en particulier par des systèmes énergétiques décentralisés
2. Le respect des limites naturelles de l'environnement
3. La sortie des sources d'énergie sales et non-durables
4. Une utilisation des ressources plus équitable
5. Une croissance économique découplée de la consommation de combustibles fossiles

Des systèmes énergétiques décentralisés, dans lesquels l'électricité et la chaleur sont produites à proximité du lieu de leur utilisation finale, éviteront de gaspiller l'énergie pendant sa conversion et sa distribution comme on le fait actuellement. Ils occuperont une place centrale dans la [R]évolution énergétique, tout comme la nécessité de fournir de l'électricité aux deux milliards de personnes dans le monde qui en sont aujourd'hui privées.

Deux scénarios d'évolution d'ici à 2050 sont comparés dans le présent rapport. Le scénario de Référence se fonde sur le scénario "business as usual" ("on ne change rien, on continue comme ça") publié par l'Agence internationale de l'énergie (AIE) dans ses Perspectives énergétiques mondiales 2004 (World Energy Outlook 2004), en l'extrapolant au-delà de l'année 2030. Par rapport aux prévisions de 2004 de l'AIE, les nouvelles Perspectives énergétiques mondiales 2006 prévoient un taux de croissance annuel moyen du PIB mondial légèrement plus fort : de 3,4 % au lieu de 3,2 % sur la période 2004-2030. Les Perspectives 2006 anticipent une consommation d'énergie finale en 2030 de 4 % plus élevée que celle retenue dans les Perspectives énergétiques mondiales 2004. Une étude d'impact de la croissance économique sur la demande énergétique dans le cadre du scénario [R]évolution énergétique indique qu'une augmentation du PIB mondial moyen de 0,1 % (sur la période 2003-2050) entraînera une augmentation de la demande d'énergie finale d'environ 0,2 %.

Le scénario [R]évolution énergétique vise une réduction des émissions mondiales de 50 % par rapport aux niveaux de 1990 d'ici 2050, avec des émissions de dioxyde de carbone par habitant réduites à moins de 1,3 tonne par an, afin que la hausse des températures planétaires reste en dessous de 2°C. Son second objectif est de démontrer que cela est possible, même en sortant du nucléaire à l'échelle mondiale. Pour parvenir à cela, le scénario se caractérise par des efforts importants en vue d'une exploitation complète de l'immense potentiel d'efficacité énergétique. Parallèlement, toutes les sources d'énergie renouvelables rentables seront utilisées pour la génération de chaleur et d'électricité ainsi que pour la production de biocarburants.

Aujourd'hui, les sources d'énergie renouvelables satisfont 13 % de la demande mondiale d'énergie primaire. La biomasse, qui est principalement utilisée pour le chauffage, est la plus importante des sources renouvelables. La part des énergies renouvelables dans la production d'électricité est de 18 %, alors que leur contribution à la production thermique est d'environ 26 %. Environ 80 % de la production d'énergie primaire sont encore fournis par des combustibles fossiles tandis que les 7 % restants le sont par l'énergie nucléaire.

Le scénario [R]évolution énergétique présente une voie qui permettra de passer de la situation actuelle à une production énergétique soutenable.

+ L'exploitation du grand potentiel d'efficacité énergétique va faire descendre la demande d'énergie primaire de 435 000 péta joules par an (PJ/a)* à 422 000 PJ/a d'ici 2050. Dans le scénario de Référence, celle-ci monterait jusqu'à 810 000 PJ/a. Cette forte réduction est absolument nécessaire pour avoir une grande proportion de sources d'énergie

Références:

- a KOVATS, R.S., AND HAINES, A., "GLOBAL CLIMATE CHANGE AND HEALTH: RECENT FINDINGS AND FUTURE STEPS" CMAJ [JOURNAL DE L'ASSOCIATION MÉDICALE CANADIENNE], 15 FÉVRIER 2005; 172 (4).
- b PLUGGING THE GAP, RES/GWEC 2006.
- c DR NITSCH ET AL.

renouvelables, compenser l'abandon du nucléaire et réduire la consommation de combustibles fossiles.

+ L'utilisation croissante de la cogénération va également améliorer le rendement du système de production énergétique, qui utilisera de plus en plus de gaz naturel et de biomasse. Sur le long terme, une baisse de la demande thermique combinée à une grande capacité de production directe de chaleur à partir de sources renouvelables limitera un développement plus poussé de la cogénération.

+ Le secteur électrique sera à la pointe des utilisations d'énergie renouvelable. D'ici 2050, environ 70 % de l'électricité sera produite à partir de sources d'énergie renouvelables, grand hydroélectrique compris. Une capacité installée de 7 100 GW produira 21 400 térawattheures par an (TWh/a)** d'électricité en 2050.

+ Dans le secteur de la production thermique, la contribution des renouvelables va monter à 65% d'ici 2050. Les combustibles fossiles seront de plus en plus remplacés par des technologies modernes plus efficaces, en particulier la biomasse, les collecteurs solaires et la géothermie.

+ Avant que les biocarburants puissent jouer un rôle important dans le secteur des transports, le grand potentiel d'efficacité énergétique existant doit être exploité. Dans cette étude, la biomasse est principalement affectée à des applications fixes. L'utilisation de biocarburants pour les transports sera limitée par la quantité disponible de biomasse cultivée de façon durable.

+ D'ici 2050, la moitié de la demande d'énergie primaire sera satisfaite par des sources d'énergie renouvelables.

Pour parvenir à une croissance économiquement attractive des énergies renouvelables, une mobilisation raisonnée et coordonnée de toutes les technologies renouvelables est très importante. Cela dépend des possibilités techniques, des coûts réels, du potentiel de réduction des coûts et de la maturité des technologies.

ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂

Alors que les émissions mondiales de CO₂ vont presque doubler d'ici 2050 dans le scénario de Référence (ce qui est bien loin de représenter une voie de développement durable), dans le scénario [R]évolution énergétique les émissions vont descendre de 23 000 millions de tonnes (mt) en 2003 à 11 500 mt en 2050. Les émissions annuelles par habitants vont baisser de 4 à 1,3 t. Sur le long terme, l'amélioration de l'efficacité énergétique et l'utilisation croissante de biocarburants va même réduire les émissions de CO₂ du secteur des transports. Représentant

36 % de l'ensemble des émissions de CO₂ en 2050, le secteur de l'électricité va céder la place de première source d'émissions au secteur des transports, à l'échelle mondiale.

COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ

Du fait d'une demande énergétique croissante, notre société doit faire face à une augmentation importante de sa facture d'électricité. Dans le cadre du scénario de Référence, la croissance incessante de la demande, l'augmentation du prix des combustibles fossiles et le coût des permis d'émission vont entraîner des coûts de production électrique de plus en plus élevés, de 1 130 milliards de dollars US par an actuellement, à plus de 4 300 milliards de dollars US par an en 2050. Le scénario [R]évolution énergétique, quant à lui, va non seulement respecter les objectifs mondiaux de réduction des émissions de CO₂ mais contribuera également à stabiliser le coût de l'énergie et par conséquent le poids économique qu'il représente pour les sociétés. Améliorer l'efficacité énergétique et fonder l'approvisionnement énergétique sur les énergies renouvelables, permettra d'obtenir sur le long terme un coût de production électrique inférieur d'un tiers à ce que prévoit le scénario de Référence. Il devient évident que suivre des objectifs environnementaux stricts dans le domaine de l'énergie est également payant d'un point de vue économique.

* Le joule traduit une petite quantité d'énergie. Un pétajoule (Pj/a) correspond à 100 000 milliards de joules

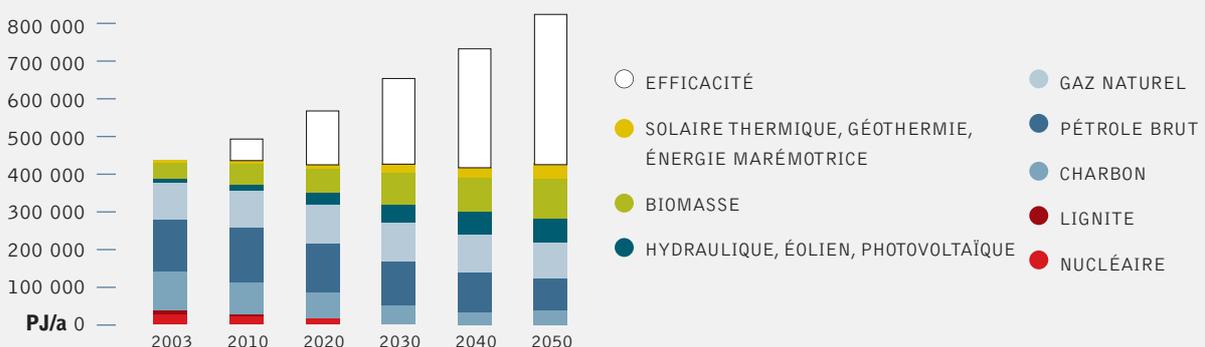
** Un wattheure (Wh) représente une quantité d'énergie égale à 3600 joules. Un térawattheure (TWh/a) correspond à 1000 milliards de wattheures

Pour faire de la [R]évolution énergétique une réalité et éviter une dangereuse perturbation du climat, Greenpeace préconise les mesures suivantes concernant le secteur de l'énergie :

- + Arrêter de subventionner sous quelque forme que ce soit les combustibles fossiles et l'énergie nucléaire, et internaliser leurs coûts externes
- + Adopter des objectifs légalement contraignants en matière d'énergies renouvelables
- + Garantir aux investisseurs des gains stables et certains
- + Garantir un accès prioritaire au réseau électrique pour les producteurs énergétiques renouvelables
- + Imposer des normes d'efficacité énergétique strictes pour tous les véhicules, bâtiments et appareils consommateurs d'énergie

Graphique 1: Évolution de la consommation d'énergie primaire dans le scénario [R]évolution énergétique

("EFFICACITÉ" = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE).



LE SCENARIO [R]ÉVOLUTION ÉNERGÉTIQUE MONDIALE

“UNE AUGMENTATION DE L'ACTIVITÉ ÉCONOMIQUE ET UNE CROISSANCE DE LA POPULATION NE DOIVENT PAS NÉCESSAIREMENT ENTRAÎNER UNE AUGMENTATION ÉQUIVALENTE DE LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE”



image LIGNES ÉLECTRIQUES À HAUTE TENSION

L'ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE MONDIALE EST FONCTION DE TROIS GRANDS FACTEURS :

- + L'évolution démographique : le nombre de personnes consommant de l'énergie ou utilisant des services énergétiques.
- + Le développement économique, pour lequel le Produit intérieur brut (PIB) est l'indicateur le plus couramment utilisé. Généralement, une augmentation du PIB provoque une augmentation de la demande énergétique.
- + L'intensité énergétique : la quantité d'énergie nécessaire pour produire un point de PIB.

Les scénarios de Référence et de [R]évolution énergétique s'appuient tous deux sur les mêmes prévisions d'évolution démographique et économique. L'évolution de l'intensité énergétique, en revanche, diffère entre les deux scénarios, le scénario de [R]évolution énergétique prévoyant une amélioration plus importante de l'efficacité énergétique.

ÉVOLUTION DÉMOGRAPHIQUE PRÉVUE

D'après le scénario de Référence de l'AIE, qui utilise les prévisions démographiques des Nations unies, la population mondiale va passer de 6,3 milliards de personnes aujourd'hui à 8,9 milliards en 2050. Cette croissance continue exercera une pression accrue sur l'environnement et les ressources énergétiques.

INTENSITÉ ÉNERGÉTIQUE PRÉVUE

Une augmentation de l'activité économique et une croissance de la population ne doivent pas nécessairement entraîner une augmentation équivalente de la demande énergétique. Il reste un énorme potentiel d'efficacité énergétique à exploiter. Dans le scénario de Référence, nous prenons l'hypothèse que l'intensité énergétique baissera de 1,3 % par an, ce qui aboutit à une réduction de la demande d'énergie finale par unité de PIB d'environ 45 % entre 2003 et 2050. Dans le scénario [R]évolution énergétique, nous prenons l'hypothèse qu'un soutien réglementaire et technique actif aux mesures d'efficacité énergétique entraînera une réduction beaucoup plus importante de l'intensité énergétique, proche de 70 %.

ÉVOLUTION DE LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE MONDIALE PAR SECTEUR

En combinant les prévisions de croissance démographique, de développement économique et d'intensité énergétique, on voit se dessiner la demande énergétique mondiale future. Le graphique 16 montre les évolutions prévues dans les scénarios de Référence et de [R]évolution énergétique. Dans le scénario de Référence, la demande énergétique totale double quasiment en passant des actuels 310 000 PJ/a

à 550 000 PJ/a en 2050. Dans le scénario [R]évolution énergétique, une augmentation bien plus faible (14 %) par rapport à la consommation actuelle est prévue d'ici 2050, année où elle atteindra 350 000 PJ/a.

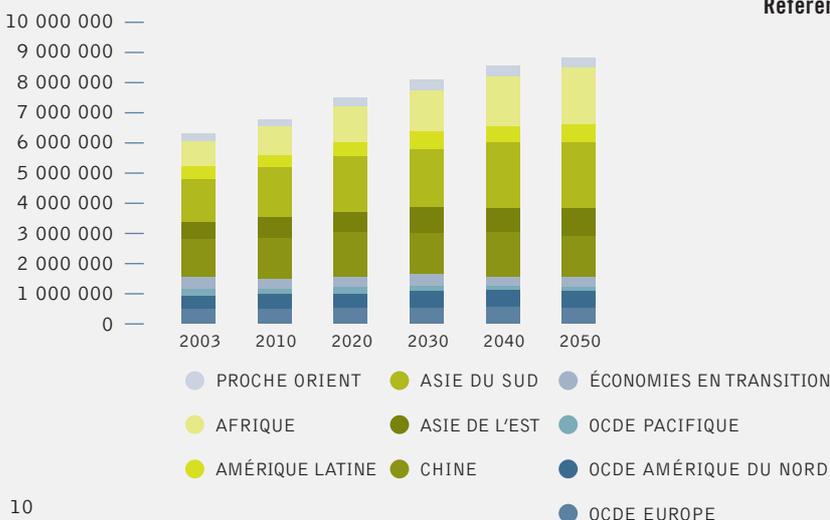
L'amélioration rapide de l'efficacité énergétique, qui est une condition essentielle pour amener les sources renouvelables à être une part importante dans l'approvisionnement énergétique, sera bénéfique non seulement pour l'environnement mais pour l'économie. Si l'on tient compte de l'intégralité du cycle de vie, la mise en œuvre des mesures d'efficacité énergétique est plus économique qu'une augmentation de la production énergétique. Une véritable politique d'efficacité énergétique peut donc compenser en partie les coûts supplémentaires induits par l'introduction sur le marché des sources d'énergie renouvelables.

Dans le scénario [R]évolution énergétique, il est prévu que la demande d'électricité augmente considérablement, les ménages et services étant la principale source d'augmentation de la consommation (voir graphique 17). Grâce aux mesures d'efficacité énergétique, on évite toutefois une augmentation encore plus importante, la demande énergétique avoisinant 26 000 TWh/a en 2050. Par rapport au scénario de Référence, les mesures d'efficacité énergétique évitent la production d'environ 13 000 TWh/a. Cette réduction de la demande énergétique peut être obtenue en particulier par l'introduction, dans tous les secteurs, d'appareils électroniques très économes utilisant les meilleures technologies existantes. L'architecture solaire appliquée aux bâtiments résidentiels et commerciaux va contribuer à modérer la demande croissante de systèmes actifs d'air conditionné.

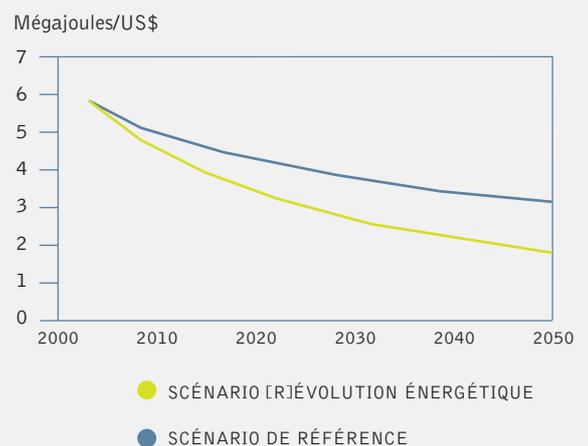
Les gains d'efficacité dans le secteur de la production thermique sont encore plus importants. Dans le scénario [R]évolution énergétique, il va même être possible de réduire la demande finale de chaleur (voir graphique 17). Par rapport au scénario de Référence, l'équivalent d'une consommation de 94 000 PJ/a sera évité en 2050 grâce aux gains d'efficacité. Grâce à la rénovation énergétique des bâtiments résidentiels anciens et à l'introduction de normes de sobriété énergétique et de "maison passive" pour les bâtiments neufs, on pourra bénéficier du même confort et des mêmes services énergétiques avec une consommation bien plus faible.

Pour le secteur des transports, qui n'est pas analysé en détail dans la présente étude, il est prévu, dans le scénario [R]évolution énergétique, que la demande énergétique augmente d'un quart pour arriver à 100 600 PJ/a en 2050, ce qui représente 80% d'économies par rapport au scénario de Référence. Cette réduction peut être obtenue par l'introduction de véhicules très économes, le transfert des transports de marchandises de la route au rail, et des changements d'habitudes dans les modes de déplacement.

Graphique 14 : Evolution prévue de la population mondiale

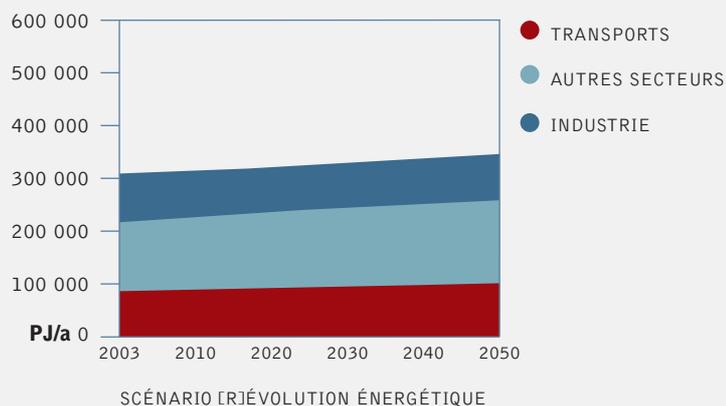
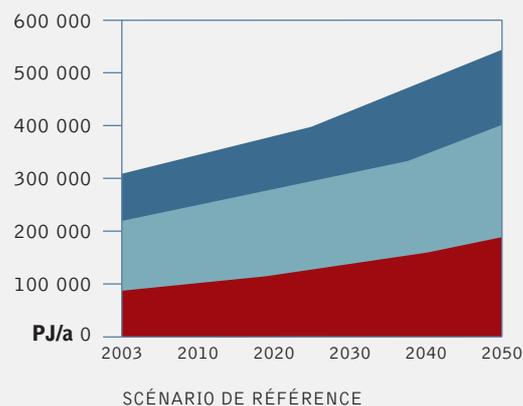


Graphique 15 : Intensité énergétique prévue dans les scénarios de Référence et de [R]évolution énergétique



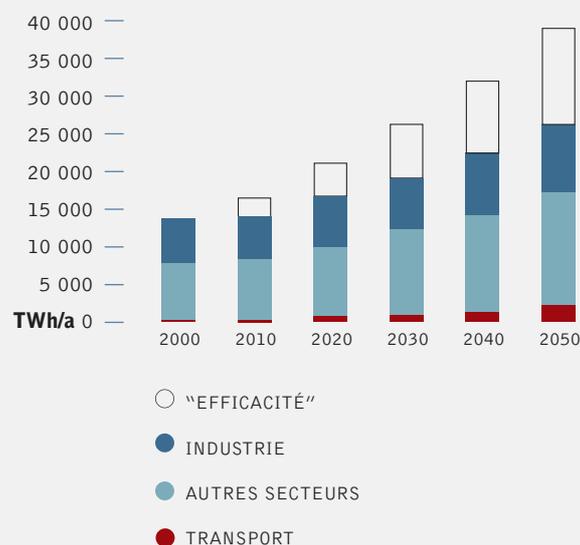
Graphique 16: Demande mondiale d'énergie finale prévue par secteur dans les scénarios de Référence et de [R]évolution énergétique

(LES UTILISATIONS NON-ÉNERGÉTIQUES, L'AUTOCONSOMMATION ET LES PERTES NE SONT PAS PRISES EN COMPTE)



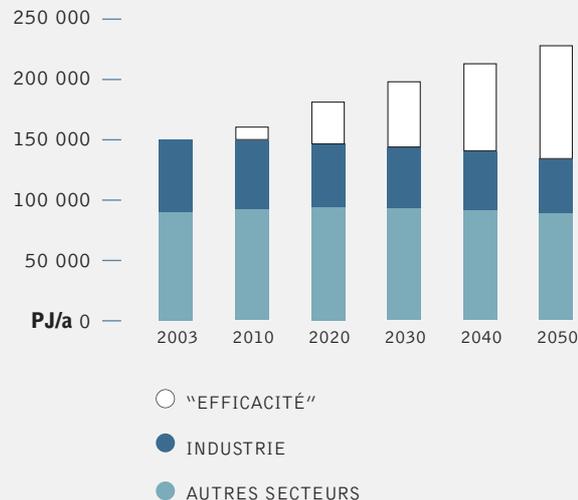
Graphique 17 : Évolution de la demande électrique par secteur dans le scénario de [R]évolution énergétique (EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ; AUTRES = SERVICES ET MÉNAGES)

AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ; AUTRES = SERVICES ET MÉNAGES)



Graphique 18 : Évolution de la demande thermique dans le scénario de [R]évolution énergétique (EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ; AUTRES = SERVICES ET MÉNAGES)

AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE ; AUTRES = SERVICES ET MÉNAGES)



PRODUCTION ÉLECTRIQUE

L'évolution de l'électricité est caractérisée par une croissance dynamique du marché des énergies renouvelables et une part grandissante d'électricité renouvelable. Cela compensera l'abandon de l'énergie nucléaire et réduira le nombre de centrales fossiles nécessaires pour la stabilité du réseau électrique. En 2050, 70 % de l'électricité produite dans le monde proviendra de sources d'énergie renouvelables. Les "nouvelles" technologies renouvelables (principalement l'éolien et le solaire thermique et photovoltaïque) représenteront 42 % de la production électrique. La stratégie suivante pose les jalons d'un futur approvisionnement énergétique renouvelable :

+ L'abandon de l'énergie nucléaire et une demande croissante d'électricité seront compensés, dans un premier temps, par la mise en route de nouvelles centrales de cogénération au gaz avec un haut rendement, et par une capacité éolienne et biomassique plus importante. À plus long terme, l'éolien sera à lui seul la plus importante source d'électricité.

+ Le solaire, l'hydraulique et la biomasse contribueront de façon importante à la production électrique. En particulier, en tant que

sources d'énergie renouvelable non-fluctuante, l'hydraulique et le solaire thermique, combinés à un stockage thermique efficace, seront des éléments importants du mix énergétique.

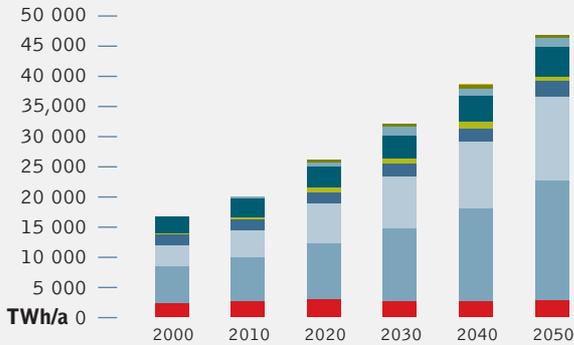
+ La capacité installée de technologies énergétiques renouvelables va passer des actuels 800 gigawatts (GW) à 7 100 GW en 2050. Cette multiplication par neuf de la capacité renouvelable au cours des 43 prochaines années va néanmoins nécessiter un soutien politique et des outils réglementaires bien conçus. Il y aura des besoins considérables d'investissement dans la nouvelle capacité de production au cours des vingt prochaines années. Comme les cycles d'investissement dans le secteur de l'électricité sont longs, les décisions concernant la restructuration du système d'approvisionnement énergétique mondial doivent être prises dès aujourd'hui.

Pour parvenir à une croissance économiquement attractive des sources d'énergie renouvelables, une mobilisation bien réfléchie et coordonnée de toutes les technologies est très importante. Cette mobilisation dépend des possibilités techniques, du potentiel de réduction des coûts et de la maturité des technologies. Le graphique 21 compare l'évolution des différentes technologies renouvelables au fil du temps. Jusqu'en

2020, l'hydraulique et l'éolien vont rester les principaux contributeurs de la croissance de la part des renouvelables sur le marché. Après 2020, la part toujours croissante de l'éolien sera complétée par

l'électricité générée à partir de la biomasse et du solaire photovoltaïque et thermique.

Graphique 19 : Évolution de la production électrique dans le scénario de Référence



Graphique 20 : Évolution de la production électrique dans le scénario [R]évolution énergétique (EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE)

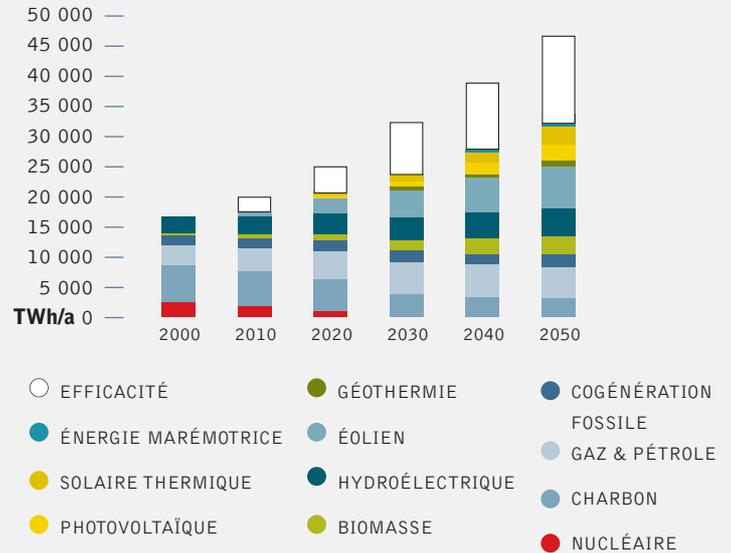


Tableau 7 : Capacité de production électrique renouvelable prévue dans le scénario [R]évolution énergétique, en MW

	2003	2010	2020	2030	2050
Hydroélectrique	728 000	854 800	994 190	1 091 490	1 257 300
Biomasse	48 030	110 000	211 310	305 780	504 610
Éolien	30 280	156 150	949 800	1 834 290	2 731 330
Géothermie	10 170	20 820	40 780	70 380	140 010
Photovoltaïque	560	22 690	198 900	727 820	2 033 370
Solaire thermique	250	2 410	29 190	137 760	404 820
Énergie marémotrice	240	2 250	13 530	28 090	63 420
Total	817 000	1 169 120	2 437 700	4 195 610	7 134 860

PRODUCTION THERMIQUE

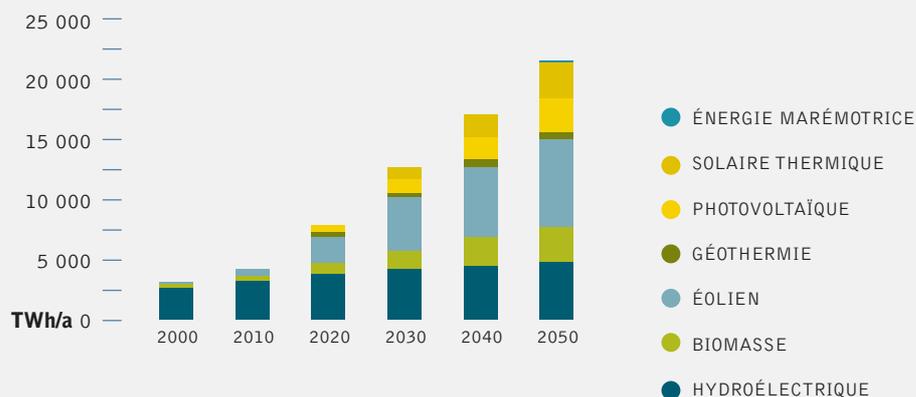
Le développement des renouvelables dans le secteur de la production thermique soulève plusieurs problèmes. Aujourd'hui, les renouvelables répondent à 26 % de la demande d'énergie primaire pour la production de chaleur, la principale contribution renouvelable étant la biomasse. Le manque de réseaux de chaleur urbains est un important obstacle structurel à l'utilisation à grande échelle des énergies géothermiques et solaire thermiques. L'expérience a montré qu'il est plus facile de mettre en œuvre des mesures de soutien efficaces dans le secteur de l'électricité raccordée au réseau, que dans le secteur de la chaleur, où les acteurs sont multiples. Des mesures d'aide spécifiques sont nécessaires pour obtenir un développement dynamique.

+ Des mesures d'efficacité énergétique peuvent réduire la demande thermique actuelle de 35 %.

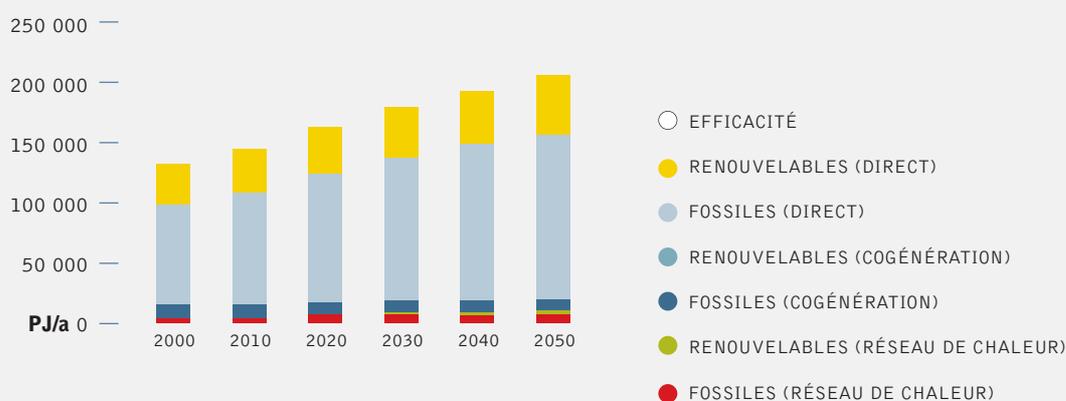
+ Pour le chauffage direct, les collecteurs solaires, la biomasse ou le biogaz ainsi que la géothermie remplacent de plus en plus souvent les systèmes à base de combustibles fossiles.

+ Une transition du charbon et du pétrole vers le gaz naturel dans les applications conventionnelles restantes va permettre une réduction supplémentaire des émissions de CO₂.

Graphique 21 : Évolution de la production électrique renouvelable scénario [R]évolution énergétique, par source

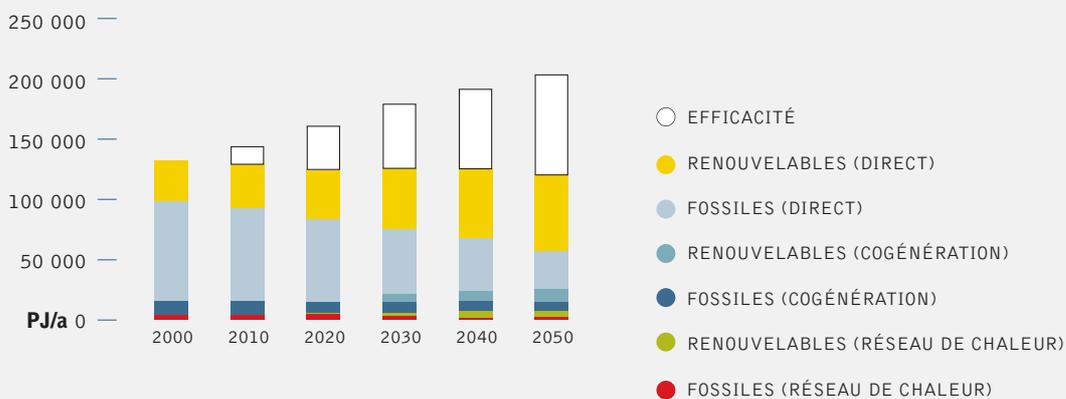


Graphique 22 : Évolution de la production thermique dans le scénario de Référence



Graphique 23 : Évolution de la production thermique dans le scénario [R]évolution énergétique

(EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE)



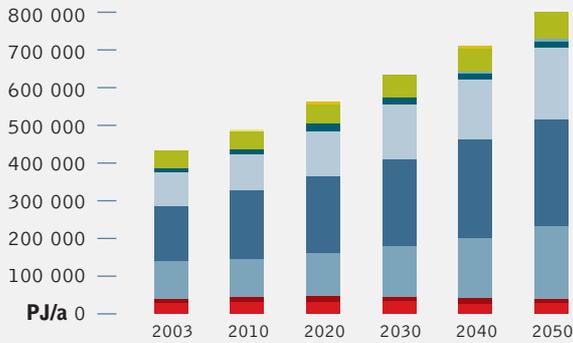
CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

Compte tenu des hypothèses présentées ci-dessus, la consommation d'énergie primaire dans le scénario [R]évolution énergétique est présentée dans le graphique 25. Par rapport au scénario de Référence, la demande énergétique générale sera environ 50% plus basse en 2050. Environ la moitié de cette demande sera satisfaite par des sources d'énergie renouvelables. Il convient de noter que dans le cas des énergies hydrauliques, éoliennes, solaires et géothermiques la méthode d'évaluation des rendements utilisée postule que la consommation d'énergie primaire correspond à la quantité d'électricité générée, ce qui fait que la part des renouvelables dans l'approvisionnement énergétique semble plus faible que ce qu'elle est réellement.

ÉVOLUTION DES ÉMISSIONS DE CO₂

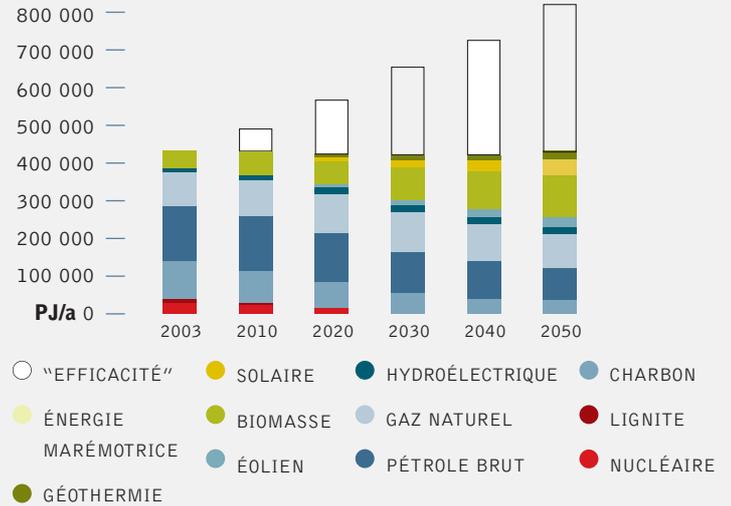
Alors que les émissions de CO₂ vont quasiment doubler dans le scénario de Référence, dans le scénario [R]évolution énergétique, elles vont diminuer, passant de 23 000 millions de tonnes (mt) en 2003 à 11 500 mt en 2050. Les émissions annuelles par habitant vont descendre de 4,0 t à 1,3 t. À long terme l'amélioration de l'efficacité énergétique et un plus grand usage de biocarburants vont même réduire les émissions de CO₂ dans le secteur des transports. Représentant 36 % de l'ensemble des émissions de CO₂ en 2050, le secteur de l'électricité va céder la place de première source d'émissions au secteur des transports, à l'échelle mondiale.

Graphique 24 : Évolution de la consommation d'énergie primaire dans le scénario de Référence



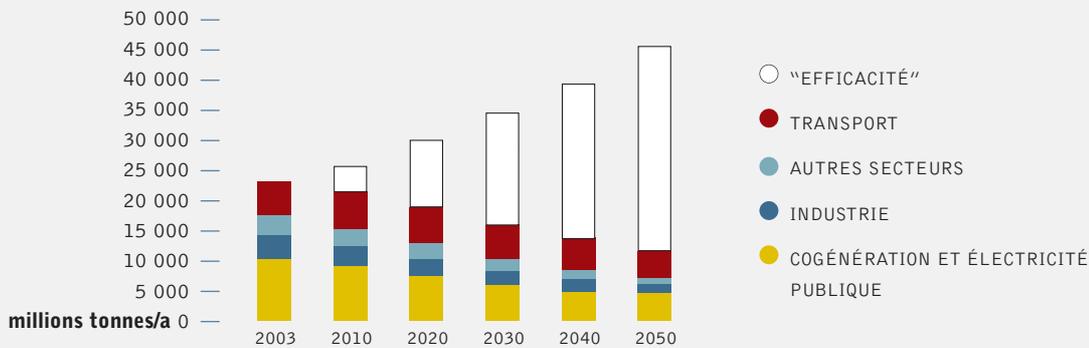
Graphique 25 : Évolution de la consommation d'énergie primaire dans le scénario [R]évolution énergétique

(EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE)



Graphique 26 : Évolution des émissions de CO₂ dans le scénario [R]évolution énergétique

(EFFICACITÉ = DIFFÉRENCE PAR RAPPORT AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE)



COÛT FUTUR DE LA PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

Le graphique 27 montre que l'introduction des technologies renouvelables prévue dans le scénario [R]évolution énergétique va d'abord augmenter légèrement le coût de la production électrique par rapport au scénario de Référence. Cette différence sera de moins de 0,1 cents/kWh jusqu'en 2020. Il convient de noter qu'une augmentation du prix des sources

fossiles supérieure aux prévisions du Tableau 3 réduirait encore l'écart entre les deux scénarios. Du fait de la plus faible intensité en carbone de la production d'électricité, celle-ci deviendra économiquement avantageuse d'ici 2020 dans le cadre du scénario [R]évolution énergétique, pour atteindre en 2050 un coût de production inférieur de plus de 1,5 cents/kWh par rapport au scénario de Référence.

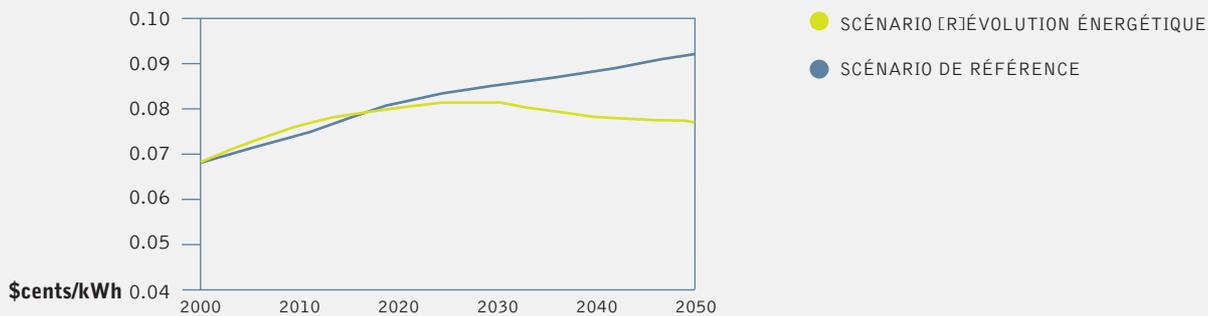


Du fait de la croissance de la demande, nous courons le risque d'une importante augmentation des dépenses en approvisionnement électrique de l'ensemble de la société. Dans le scénario de Référence, la croissance débridée de la demande, l'augmentation du prix des combustibles fossiles et le coût des émissions de CO₂ auront pour conséquence une augmentation du coût total de la production électrique, qui passera de 1 130 milliards de dollars US par an actuellement à plus de 4 300 milliards de dollars US par an en 2050. Le graphique 28 montre que non seulement le scénario de [R]évolution énergétique atteint les

objectifs mondiaux de réduction des émissions de CO₂ mais qu'il contribue également à la stabilisation du coût de l'énergie et à l'allègement du poids économique qu'il représente pour la société. L'amélioration de l'efficacité énergétique et la plus grande part des sources renouvelables dans la production énergétique vont entraîner à long terme des coûts de production électrique inférieurs d'un tiers à ceux du scénario de Référence. Il apparaît ainsi évident que des objectifs environnementaux stricts dans le secteur de l'énergie sont également payants d'un point de vue économique.

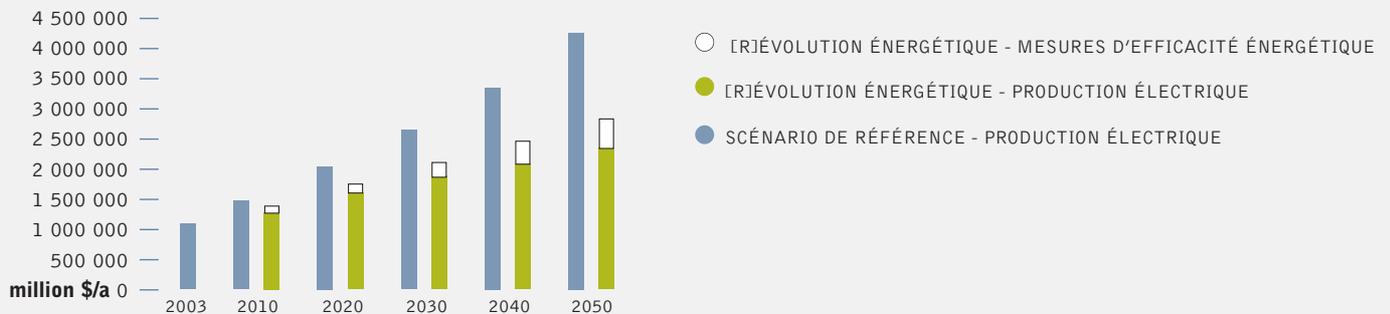
Graphique 27 : Évolution des coûts de production électrique dans les deux scénarios

(ACHAT DE PERMIS D'ÉMISSION DE CO₂ OBLIGATOIRE À PARTIR DE 2010 DANS LES PAYS INDUSTRIALISÉS, À PARTIR DE 2020 DANS TOUS LES PAYS, AVEC UNE AUGMENTATION DE 15 \$/TCO₂ EN 2010, À 50 \$/TCO₂ EN 2050)



Graphique 28 : Évolution du coût total de la production électrique

(ACHAT DE PERMIS D'ÉMISSION DE CO₂ OBLIGATOIRE À PARTIR DE 2010 DANS LES PAYS INDUSTRIALISÉS, À PARTIR DE 2020 DANS TOUS LES PAYS, AVEC UNE AUGMENTATION DE 15 \$/TCO₂ EN 2010, À 50 \$/TCO₂ EN 2050)



LES ÉNERGIES RENOUVELABLES



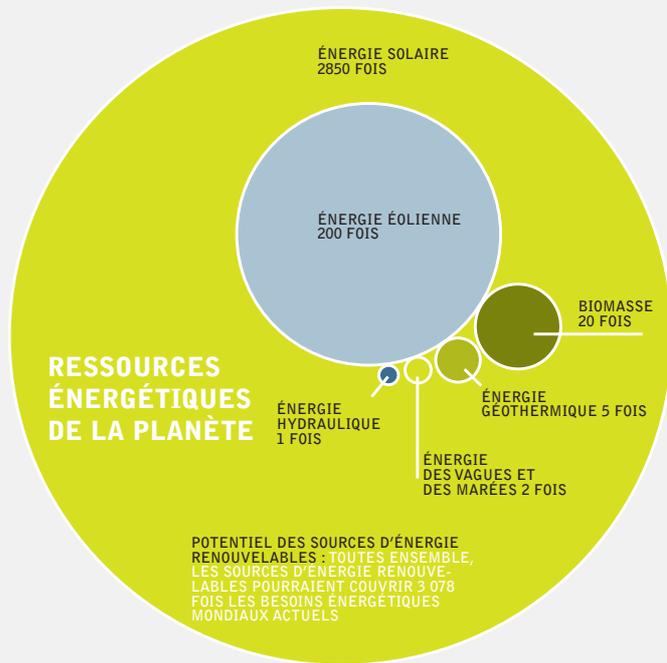
image ACTIVITÉ GÉOTHERMIQUE.

La nature met à notre disposition diverses ressources librement accessibles pour produire de l'énergie. La question consiste surtout à savoir comment convertir la lumière du soleil, le vent, la biomasse ou l'eau qui coule en électricité, chaleur ou autre énergie de façon aussi efficace, durable et rentable que possible.

En moyenne, au niveau planétaire, l'énergie fournie par les rayonnements solaires atteignant la Terre s'élève à environ un kilowatt par mètre

carré. Selon l'Association de recherche sur l'énergie solaire, l'énergie fuse des sources d'énergie renouvelables à un rythme 3 078 fois supérieur à nos besoins actuels au niveau mondial. En une journée, la lumière du soleil qui atteint le Terre produit suffisamment d'énergie pour satisfaire les besoins énergétiques mondiaux actuels pendant huit ans. Même si seule une petite partie de ce potentiel est techniquement exploitable, c'est encore suffisant pour fournir près de six fois plus d'énergie que ce dont le monde a actuellement besoin.

Graphique 29 : Ressources énergétiques de la planète



source WBGU

TPOLOGIE DES POTENTIELS ENERGETIQUES

Potentiel théorique

Le potentiel théorique correspond à la quantité maximale d'énergie physiquement disponible à partir d'une certaine source. Pour l'énergie solaire, par exemple, cela correspondrait à la quantité totale de rayonnement solaire touchant une surface donnée.

Potentiel de conversion

Il est déterminé annuellement à partir du rendement de chaque technologie de conversion. Ce n'est donc pas une valeur définie de façon stricte, puisque le rendement d'une technologie particulière dépend des avancées technologiques.

Potentiel technique

Il tient compte de limitations supplémentaires relatives à la quantité d'énergie qui est réellement utilisable pour la génération d'énergie. Ces restrictions sont d'ordre technologique, structurel et écologique. Il tient également compte des exigences réglementaires.

Tableau 12: Quantités techniquement exploitables aujourd'hui

LA QUANTITÉ D'ÉNERGIE POUVANT ÊTRE EXPLOITÉE AVEC LES TECHNOLOGIES ACTUELLES POURRAIT COUVRIR 5,9 FOIS LA DEMANDE ÉNERGÉTIQUE MONDIALE

Soleil	3,8 fois
Géothermie	1 fois
Éolien	0,5 fois
Biomasse	0,4 fois
Hydraulique	0,15 fois
Énergie marémotrice	0,05 fois

source DR. JOACHIM NITSCH

Potentiel économique

La part du potentiel technique économiquement exploitable. Pour la biomasse, par exemple, les quantités prises en compte sont celles qui peuvent être exploitées économiquement en concurrence avec d'autres produits et d'autres utilisations des sols.

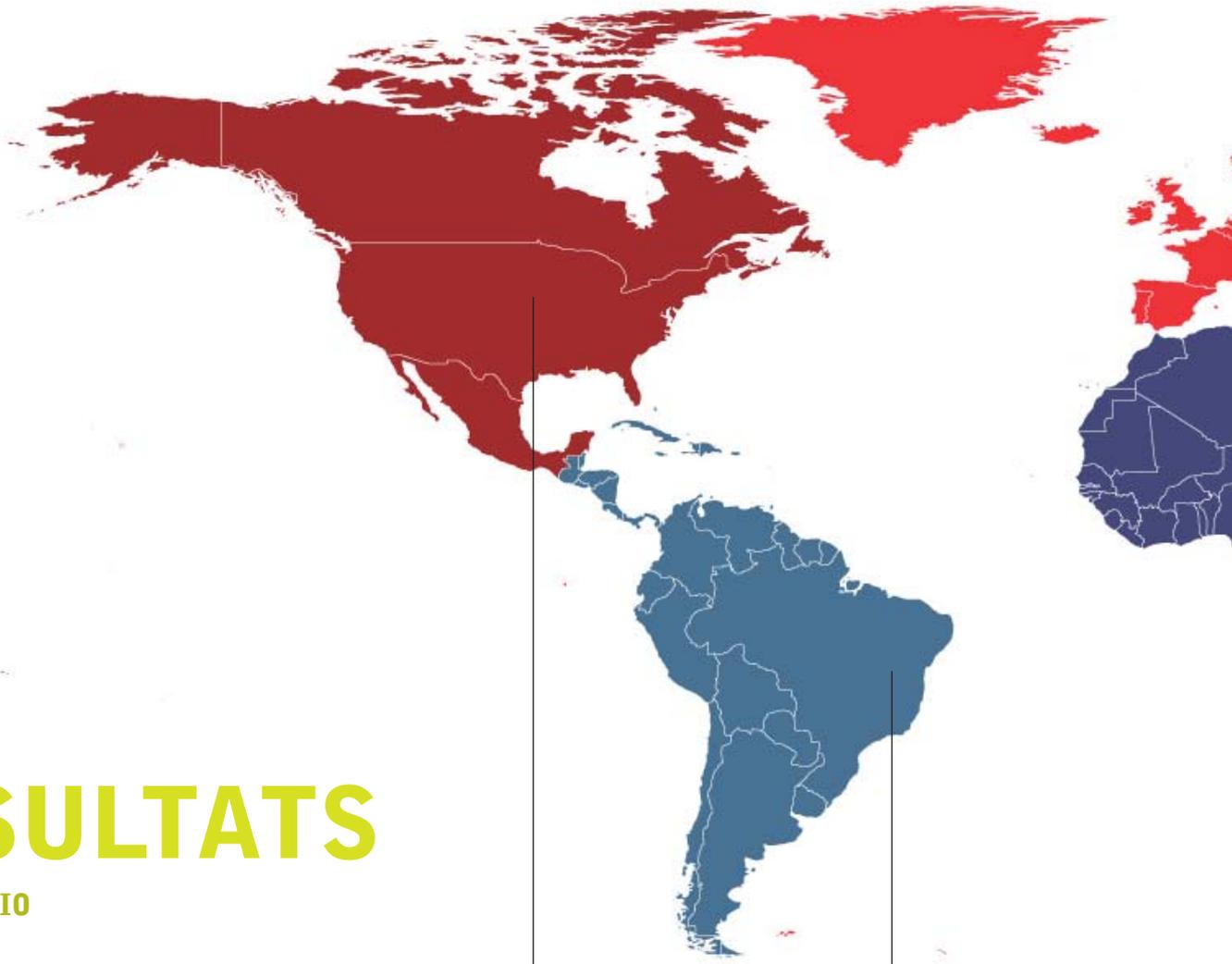
Potentiel de durabilité

Il limite le potentiel d'une source d'énergie en fonction de facteurs écologiques et socio-économiques.

Les cartes des ressources énergétiques qui accompagnent ce chapitre montrent la distribution dans les régions du globe de l'énergie que l'on estime pouvoir récupérer et utiliser. Les calculs ont été fait avec une grille quadrillant le monde avec une précision de 0,5° de longitude et de latitude. Le potentiel calculé représente une densité énergétique moyenne pour une surface de sol donnée ou pour une surface de modules/convertisseurs installés, ce qui fait que les mesures correspondent toujours à une "production par surface".

Carte 1: Résultats du scénario de référence et du scénario de [R]évolution énergétique

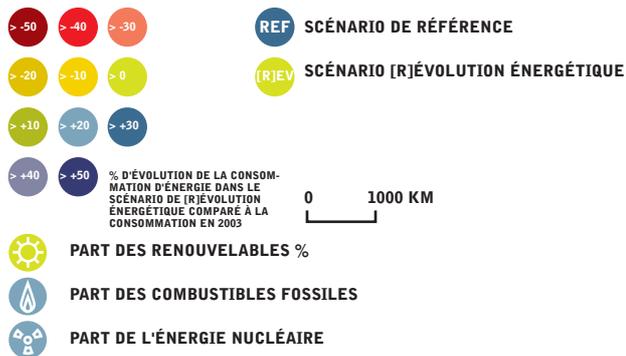
SCÉNARIO MONDIAL



RESULTATS

DU SCENARIO

LÉGENDE



H LE PLUS HAUT | **M** MOYENNE | **B** LE PLUS BAS
EP PRODUCTION/DEMANDE D'ÉNERGIE PRIMAIRE EN PETA JOULES [PJ]
EL PRODUCTION/GENERATION D'ÉLECTRICITÉ EN TERAWATTHEURES [TWh]

AMÉRIQUE DU NORD OCDE

	REF		[R]EV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	113,980H	4,857H	113,980H	4,857H
2050	161,936H	8,960H	69,874	4,605
%	%	%	%	
☀️ 2003	6	15	6	15
☀️ 2050	8	16M	52M	8
%	%	%	%	
🔥 2003	86	67M	86	67M
🔥 2050	86	75	48	20
%	%	%	%	
☢️ 2003	8	18M	SORTIE DU NUCLÉAIRE EN 2030	
☢️ 2050	6	9	SORTIE DU NUCLÉAIRE EN 2030	

AMÉRIQUE LATINE

	REF		[R]EV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	19,393	830	19,393	830
2050	62,854	3,982	30,220	2,308
%	%	%	%	
☀️ 2003	28	71H	28	71H
☀️ 2050	15	33H	70H	90H
%	%	%	%	
🔥 2003	71	27B	71	27B
🔥 2050	84M	66	30B	10B
%	%	%	%	
☢️ 2003	1	3	SORTIE DU NUCLÉAIRE EN 2030	
☢️ 2050	1	1	SORTIE DU NUCLÉAIRE EN 2030	

EUROPE OCDE

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	76,319	3,323	76,319	3,323
2050	93,356	4,988	50,999	3,141
	%		%	
 2003	7	18M	7	18%M
 2050	12	28	48	80%
	%		%	
 2003	79	53	79	53
 2050	84M	64	52M	20
	%		%	
 2003	14H	30H	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	4M	8		

MOYEN-ORIENT

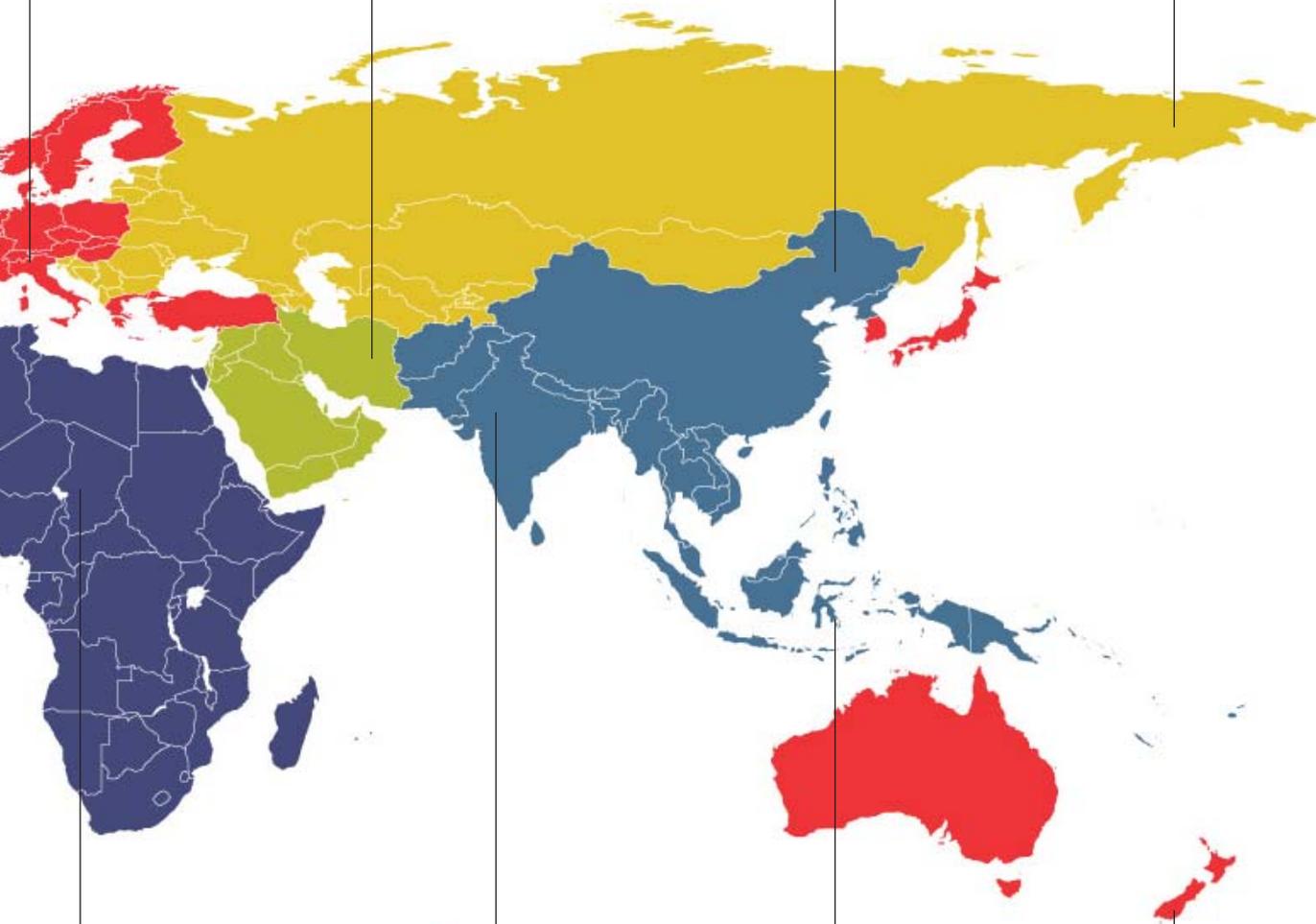
	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	17,569B	554	17,569B	554
2050	39,205B	1,941B	20,171B	1,671
	%		%	
 2003	1B	3B	1B	3B
 2050	1B	4B	53	84
	%		%	
 2003	99H	97H	99H	97H
 2050	98H	96H	47	16
	%		%	
 2003	0B	0B	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	0B	0B		

CHINE

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	55,379	1,943	55,379	1,943
2050	127,688	9,045	76,066H	7,556H
	%		%	
 2003	19M	15	19M	15
 2050	12M	16M	34B	53B
	%		%	
 2003	80M	82	80M	82
 2050	85	80	66H	47H
	%		%	
 2003	1	2	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	3	4		

ECONOMIES EN TRANSITION

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	45,472M	1,574	45,472M	1,574
2050	67,537	3,287	37,469M	2,413
	%		%	
 2003	4	18M	4	18M
 2050	7M	14	58	79
	%		%	
 2003	90	64	90	64
 2050	90	79M	42	21
	%		%	
 2003	7	18M	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	3	6M		



AFRIQUE

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	22,292	502B	22,292	502B
2050	74,255M	3,852	43,869	2,698
	%		%	
 2003	47H	17	47H	17
 2050	29H	5	58	56
	%		%	
 2003	53B	80	53B	80
 2050	71B	94	42	44
	%		%	
 2003	1	3	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	0B	0B		

ASIE DU SUD

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	26,921	744	26,921	744
2050	71,709	4,551M	37,220	2,790M
	%		%	
 2003	41	15	41	15
 2050	20	9	50M	59
	%		%	
 2003	58	82	58	82
 2050	77	87	50	41%
	%		%	
 2003	1	3	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	3	4		

ASIE DE L'EST

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	22,348	686	22,348	686
2050	59,955	3,232	32,400	2,133B
	%		%	
 2003	23	14	23	14
 2050	10	13	51M	81
	%		%	
 2003	75	80	75	80
 2050	88	85	49	19
	%		%	
 2003	2	6	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	1	2		

PACIFIQUE OCDE

	REF		RJEV	
	EP PJ	EL TWh	EP PJ	EL TWh
2003	35,076	1,649M	35,076	1,649M
2050	46,716	2,661	23,616	1,619
	%		%	
 2003	3	10	3	10
 2050	7	17	37	70M
	%		%	
 2003	85	67M	85	67
 2050	79	60B	63	30M
	%		%	
 2003	11	22	SORTIE DU NUCLEAIRE EN 2030	
 2050	14H	23H		

Recommandations en matière de réglementation

« CONTRIBUER À UNE CROISSANCE ÉCONOMIQUE SUR LE PLAN ENVIRONNEMENTAL, À LA CRÉATION D'EMPLOIS QUALIFIÉS, AU DÉVELOPPEMENT TECHNOLOGIQUE, À LA COMPÉTITIVITÉ SUR LE MARCHÉ MONDIAL ET ÊTRE LE FLEURON DE L'INDUSTRIE ET DE LA RECHERCHE. »



À une époque où, partout dans le monde les gouvernements sont en train de libéraliser leurs marchés de l'électricité, la compétitivité croissante des énergies renouvelables devrait entraîner une plus forte demande de celles-ci. Pourtant, sans soutien politique, les énergies renouvelables restent désavantagées et marginalisées à cause de distorsions de concurrence sur les marchés de l'électricité du monde entier, résultat de décennies de soutien financier, politique et structurel aux technologies conventionnelles et de l'échec de l'internalisation des coûts externes. Développer les renouvelables va donc demander des efforts politiques et économiques importants, en particulier des législations garantissant des tarifs stables sur une période pouvant aller jusqu'à 20 ans.

Pour le moment, les nouveaux producteurs d'énergie renouvelable sont en concurrence avec des vieilles centrales nucléaires et fossiles produisant de l'électricité à moindre coût parce que les consommateurs et les contribuables ont déjà payé les intérêts et les amortissements des investissements initiaux. Une action politique est nécessaire pour surmonter ces distorsions et égaliser les chances.

Ce dernier chapitre récapitule les cadres réglementaires actuels et des obstacles à surmonter pour libérer le grand potentiel des énergies renouvelables et leur permettre de contribuer enfin de façon majeure à la production énergétique mondiale. Ce faisant, elles pourront également contribuer à une croissance économique sur le plan environnemental, à la création d'emplois qualifiés, au développement technologique, à la compétitivité sur le marché mondial et être le fleuron de l'industrie et de la recherche.

LES OBJECTIFS EN MATIÈRE D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

Ces dernières années, dans le cadre de leurs politiques de réduction des gaz à effet de serre et d'augmentation de la sécurité énergétique, un nombre croissant de pays s'est fixé des objectifs en matière d'énergies renouvelables. Ceux-ci sont exprimés en termes de capacité installée ou en pourcentage de la consommation énergétique. Bien que ces objectifs ne soient généralement pas juridiquement contraignants, ils ont joué un important rôle de catalyseur pour l'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le monde, de l'Europe à l'Extrême-Orient en passant par les Etats-Unis.

Un horizon de quelques années ne suffit pas dans le secteur électrique où les investissements se font sur des durées pouvant aller jusqu'à 40 ans. Les objectifs en matière d'énergies renouvelables doivent donc prévoir des étapes à court, moyen et long terme et être juridiquement contraignants pour se concrétiser. Ils ont également besoin d'être soutenus par des mécanismes comme les "tarifs d'achat". Pour que la proportion d'énergie renouvelable augmente de façon importante, les objectifs doivent être fixés en fonction du potentiel local de chaque technologie (éolien, solaire, biomasse, etc.) et des infrastructures locales existantes ou planifiées.

Au cours des dernières années, les industries éolienne et solaire ont démontré qu'il est possible de maintenir un rythme de croissance de 30 à 35 % dans le secteur des renouvelables. Conjointement à l'Association européenne de l'industrie photovoltaïque (EPIA), l'Association européenne de l'industrie solaire thermique (Estia) et l'Association européenne de l'énergie éolienne (EWEA), Greenpeace et le Conseil européen des énergies renouvelables (Erec) ont suivi le développement de ces industries depuis 1990 et fait des pronostics de croissance jusqu'en 2020.

PRECONISATIONS DE GREENPEACE POUR LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE

Greenpeace et l'industrie des renouvelables ont une vision claire des changements nécessaires à introduire dans les réglementations pour encourager l'adoption des énergies renouvelables. Nos principales demandes sont :

- + La fin des subventions aux énergies fossiles et nucléaires et l'internalisation des coûts externes.
- + Des objectifs sectoriels juridiquement contraignants en matière d'énergies renouvelables.
- + La garantie pour les investisseurs de bénéfices stables et sûrs.
- + Un accès prioritaire au réseau électrique pour les producteurs renouvelables.
- + Des normes d'efficacité énergétique strictes pour tous les véhicules, bâtiments et appareils consommateurs d'énergie.

Il est estimé que les sources d'énergie conventionnelles reçoivent chaque année au niveau mondial des subventions d'environ 250 à 300 milliards de dollars US, ce qui produit d'importantes distorsions sur les marchés. Le Worldwatch Institute estime que les subventions mondiales au charbon s'élèvent à 63 milliards de dollars US. L'Allemagne à elle seule subventionne le charbon à hauteur de 21 milliards de dollars US, dont des aides directes représentant plus de 85 000 dollars US par mineur. Ces subventions réduisent artificiellement le prix de l'électricité, empêchent les énergies renouvelables de pénétrer sur le marché et perpétuent des énergies et des combustibles non-compétitifs. L'élimination des subventions directes et indirectes aux énergies fossiles et nucléaires permettrait d'égaliser les chances sur l'ensemble du secteur de l'énergie. Le rapport 2001 du Groupe de travail du G8 sur les énergies renouvelables affirmait que *"en revoyant [les subventions] et en redirigeant ne serait-ce qu'une petite partie de ce flux financier considérable vers les renouvelables, on aurait la possibilité de donner un peu de cohérence aux nouveaux objectifs publics et d'intégrer les coûts sociaux et environnementaux dans les prix."* Le Groupe de travail a émis l'avis que *"les pays du G8 devraient prendre des mesures pour supprimer toute incitation financière ou autre forme de soutien aux technologies énergétiques environnementalement nocives, et élaborer et instaurer des mécanismes de marché qui s'attaquent au problème des externalités, pour permettre aux technologies énergétiques renouvelables d'être en concurrence sur le marché sur une base plus égale et plus juste."*

Les énergies renouvelables ne nécessiteraient aucune disposition particulière si les marchés n'étaient pas faussés par le fait que les producteurs d'électricité (et le secteur de l'énergie dans son ensemble) peuvent encore polluer quasiment sans pénalité. Subventionner des technologies polluantes et arrivées à leur pleine maturité est complètement improductif. Cesser de subventionner l'électricité conventionnelle ferait plus que simplement économiser l'argent du contribuable : cela permettrait également de compenser largement le besoin d'un soutien aux énergies renouvelables.

Voici un panorama détaillé de ce qui peut être fait pour supprimer ou compenser les actuelles distorsions du marché de l'énergie.

1 SUPPRIMER LES DISTORSIONS DE CONCURRENCE EXISTANT SUR LE MARCHÉ DE L'ÉNERGIE

L'obstacle majeur qui empêche les énergies renouvelables d'atteindre leur plein potentiel est l'absence de mécanismes de fixation des prix sur les marchés de l'énergie qui reflètent l'intégralité des coûts de la production d'énergie pour la société. Pendant plus d'un siècle, la génération d'électricité a été caractérisée par des monopoles nationaux chargés de financer l'investissement dans les nouvelles capacités de production par le biais de subventions publiques et/ou de taxes sur les factures électriques. Comme de nombreux pays sont en train de libéraliser leur marché de l'électricité, ces options ne sont plus envisageables, ce qui met les nouvelles technologies énergétiques, comme l'éolien, en situation de désavantage par rapport aux technologies existantes. Cette situation exige un certain nombre de mesures.

+ INTERNALISATION DES COÛTS SOCIAUX ET ENVIRONNEMENTAUX DES ÉNERGIES POLLUANTES

Le coût réel de la production d'énergie à partir de sources conventionnelles comprend des frais qui sont couverts par la société dans son ensemble, comme les impacts sanitaires, et une dégradation de l'environnement au niveau local et régional (de la pollution par le mercure aux pluies acides). Des impacts négatifs se font même ressentir au niveau planétaire, comme les changements climatiques. Les coûts cachés comprennent la dispense d'assurance en cas d'accident nucléaire, qui serait trop coûteuse pour les opérateurs de centrales nucléaires. Aux États-Unis, la loi Price-Anderson plafonne par exemple les indemnités devant être payées par les centrales nucléaires en cas d'accident à 15 millions par an par centrale, jusqu'à un maximum de 98 millions de dollars US par centrale, le reste devant provenir d'un fonds de l'industrie plafonné à 10 milliards de dollars US, après quoi c'est aux contribuables de payer. La priorité est de régler les problèmes environnementaux à la source. En ce qui concerne le secteur de l'énergie, cela signifie qu'idéalement la production d'énergie ne devrait générer aucune pollution et qu'il est de la responsabilité des producteurs d'éviter de polluer. Si il y a pollution malgré tout, ils devraient payer une somme équivalente à l'ensemble des dommages causés à la société. Les impacts environnementaux de la production d'électricité peuvent toutefois être difficiles à chiffrer. Comment donner un prix à la disparition des îles du Pacifique à cause de la fonte des glaciers, ou à la détérioration des conditions de vie et de la santé humaine ?

Un projet ambitieux, financé par la Commission européenne, ExternE, a essayé de quantifier les coûts réels, y compris environnementaux, de la production d'électricité. Il a été estimé que si les coûts externes, sous la forme de dommages à l'environnement ou à la santé, étaient pris en compte, le coût de la production d'électricité à partir de charbon ou de pétrole doublerait et celui de la production à partir de gaz augmenterait de 30 %. Si ces coûts environnementaux étaient prélevés sous forme de taxe sur la production électrique en fonction des impacts, de nombreuses sources d'énergie renouvelables pourraient se passer de tout soutien. Si, dans le même temps, les subventions directes et indirectes à l'électricité fossile et nucléaire étaient supprimées, la nécessité de soutenir la production électrique renouvelable diminuerait sérieusement voire disparaîtrait.

+ INTRODUCTION DU PRINCIPE DU "POLLUEUR/PAYEUR"

Comme les subventions, les coûts externes doivent être intégrés au prix

de l'énergie si l'on veut un marché véritablement concurrentiel. Cela nécessite que les gouvernements appliquent un système "pollueur-payeur" obligeant les pollueurs à payer en proportion ou offrant des compensations adéquates aux non-pollueurs. L'application du principe du "pollueur-payeur" à la production électrique, ou la compensation des producteurs renouvelables, et leur exemption des taxes écologiques sur l'énergie, sont des mesures essentielles pour que la concurrence soit plus juste sur les marchés mondiaux de l'électricité.

2 REFORMER LE MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ

Les technologies énergétiques renouvelables pourraient déjà être compétitives si elles avaient reçu la même attention que les autres en termes de financement et de subvention de la recherche-développement, et si les coûts externes se reflétaient dans les prix de l'électricité. Des réformes fondamentales sont nécessaires dans le secteur de l'électricité si l'on veut que les nouvelles technologies énergétiques renouvelables soient plus largement adoptées. Ces réformes comprennent :

+ SUPPRESSION DES OBSTACLES À L'ENTRÉE SUR LE MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ

La complexité des procédures d'autorisation et les barrières bureaucratiques constituent l'un des obstacles les plus difficiles auxquels les projets énergétiques renouvelables se trouvent confrontés dans de nombreux pays. Les délais de procédures pour les autorisations devraient être clairement établis par toutes les administrations, à tous les niveaux. La priorité devrait être donnée aux projets énergétiques renouvelables. Les gouvernements devraient fournir des indications plus détaillées sur les démarches à suivre pour renforcer les législations existantes tout en facilitant la procédure d'autorisation pour les projets énergétiques renouvelables.

La capacité de production électrique excédentaire de nombreux pays de l'OCDE, à court ou moyen terme constitue un obstacle de taille. Cette surcapacité fait qu'il est moins coûteux de continuer à utiliser du charbon ou du gaz dans les centrales existantes que de construire, financer et amortir des centrales électriques renouvelables neuves. Il en résulte que même dans le cas où une nouvelle technologie est capable d'être compétitive par rapport à des centrales neuves au charbon ou au gaz, l'investissement ne sera pas fait. À moins de parvenir à une situation où le prix de l'électricité reflète enfin le coût d'investissement dans une capacité de production neuve plutôt que le coût marginal de la capacité existante, il restera nécessaire de soutenir les renouvelables pour égaliser les chances.

D'autres obstacles comprennent l'absence de planification à long terme au niveau national, régional ou local ; l'absence de planification intégrée des ressources ; l'absence de gestion et de planification intégrées du réseau ; le manque de stabilité et de prévisibilité des marchés ; l'absence de cadre juridique pour les eaux internationales ; le fait que le réseau électrique appartient à des entreprises à concentration verticale ; et l'absence de financements à long terme pour la recherche-développement.

Il y a aussi une absence totale de réseaux de distribution pour les énergies renouvelables d'échelle industrielles, comme les éoliennes offshore et les centrales à concentration solaire (CSP). Les réseaux pour l'éolien à terre sont peu développés, voire inexistantes. Les avantages économiques de la génération incorporé/répartie sont peu reconnus. Et les exigences des distributeurs pour l'accès des technologies renouvelables au réseau électrique sont discriminatoires et ne tiennent pas compte de leurs spécificités.

Les réformes nécessaires pour supprimer les obstacles au développement des renouvelables sur le marché comprennent :

- + Une uniformisation et une simplification des procédures de planification et des systèmes d'autorisation, et une planification intégrée et optimisée du réseau électrique ;
- + Un accès égal au réseau électrique à des prix justes et transparents, et la suppression des tarifs de raccordement et de transmission discriminatoires ;
- + Un tarif juste et transparent pour toute l'électricité allant dans un réseau, avec une reconnaissance et une rémunération des avantages de la génération répartie ;
- + La division des fournisseurs électriques en compagnies de production et de distribution distinctes ;
- + Les frais de développement et de renforcement des infrastructures de distribution doivent être pris en charge par l'autorité responsable du réseau plutôt que par les entrepreneurs renouvelables eux-mêmes ;
- + Informer les utilisateurs finaux sur les types de combustibles utilisés et les impacts sur l'environnement afin de permettre aux consommateurs de choisir leur approvisionnement énergétique en connaissance de cause.

UN ACCÈS PRIORITAIRE AU RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Les règles concernant l'accès au réseau, la distribution et la répartition des coûts sont généralement inadéquates. La législation doit être claire, en particulier en ce qui concerne la répartition des coûts et les tarifs de distribution. Les producteurs renouvelables devraient se voir garantir un accès prioritaire. Quand cela est nécessaire, les frais d'extension ou de renforcement du réseau électrique devraient être pris en charge par les gestionnaires du réseau et répartis entre tous les consommateurs parce que les avantages écologiques des renouvelables sont un bien commun et que l'exploitation des systèmes de distribution est un monopole naturel.

LES MECANISMES DE SOUTIEN AUX RENOUVELABLES

La partie qui suit donne un aperçu des mécanismes de soutien existants et des exemples de leur application. Les mécanismes d'aide restent la deuxième meilleure solution pour corriger les distorsions du marché dans le secteur de l'électricité. Toutefois, leur mise en place est une solution politique pragmatique qui est aussi une façon d'admettre implicitement qu'à court terme c'est la seule façon d'appliquer concrètement le principe du « pollueur/payeur ».

Il existe deux grandes façons de promouvoir le déploiement des énergies renouvelables avec des systèmes d'incitation financière. Il y a les systèmes de prix fixes dans lesquels le gouvernement impose un prix d'achat de l'électricité (ou une prime) au producteur et laisse le marché déterminer les quantités, et les systèmes de quotas de renouvelables (appelés « portefeuilles renouvelables standards » aux Etats-Unis) dans lesquels le gouvernement impose une quantité d'électricité renouvelable et laisse le marché déterminer les prix. Ces deux systèmes créent un marché protégé dans un contexte général où les producteurs conventionnels, déjà amortis, sont subventionnés sans que leurs coûts externes environnementaux ne soient pris en compte. Leur objectif est d'inciter à

améliorer les technologies et faire baisser leur coût, pour obtenir des renouvelables moins chères qui soient capables demain d'être compétitives avec les sources conventionnelles.

La principale différence entre les systèmes qui jouent sur les prix et ceux qui jouent sur les quotas est que ces derniers cherchent à introduire une concurrence entre producteurs d'électricité. Toutefois, la concurrence entre fabricants de technologies, qui est le facteur le plus essentiel pour la baisse des coûts de production électrique, est présente aussi bien quand le gouvernement impose des prix que des quotas. Les prix payés aux producteurs d'électricité éolienne sont actuellement plus élevés dans de nombreux pays européens utilisant un système de quotas (Royaume-Uni, Belgique, Italie) que dans ceux utilisant un système de prix ou de prime fixe (Allemagne, Espagne, Danemark).

+ SYSTÈMES DE PRIX FIXES

Les systèmes de prix fixes comprennent : les subventions à l'investissement, les tarifs d'achat fixes, les systèmes de prime fixes et les crédits d'impôt.

Les subventions à l'investissement sont des aides financières généralement allouées en fonction de la capacité nominale (en kilowatt, kW) de la capacité à installer. Il est généralement admis, toutefois, que les systèmes qui déterminent l'importance du soutien en fonction de la taille de la capacité à installer plutôt que de son rendement électrique peuvent aboutir au développement de technologies moins efficaces. Ce type d'aide a donc tendance à être abandonné au niveau mondial même s'il peut être efficace s'il est combiné à d'autres types d'incitations financières.

Les tarifs d'achat fixes, largement adoptés en Europe, se sont avérés très efficaces pour l'expansion de l'énergie éolienne en Allemagne, en Espagne et au Danemark. Les opérateurs se voient payer un tarif fixe pour chaque kWh d'électricité qu'ils injectent dans le réseau. En Allemagne, le prix payé varie selon la maturité relative de la technologie utilisée et est ajusté chaque année à la baisse des coûts. Les coûts supplémentaires du système sont payés par les contribuables ou les consommateurs d'électricité.

Le principal avantage d'un système de tarif d'achat fixe est qu'il est simple à administrer et encourage une meilleure planification. Bien que le tarif d'achat fixe ne corresponde pas formellement à un Accord d'achat d'énergie, les compagnies distributrices sont généralement obligées de racheter l'intégralité de la production des installations renouvelables. L'Allemagne a réduit le risque politique d'un changement de système en garantissant l'achat pendant 20 ans. Le principal problème associé à un système de tarif fixe est qu'il ne se prête pas facilement à des ajustements (à la hausse ou à la baisse) pour suivre l'évolution des coûts de production des technologies renouvelables.

Les systèmes de primes fixes, parfois appelé mécanismes de « bonus environnemental », fonctionnent en ajoutant une prime fixe au prix de base de l'électricité. Du point de vue d'un investisseur, le prix total reçu par kWh est moins prévisible que dans le cas d'un tarif d'achat fixe, parce qu'il dépend d'un prix de l'électricité toujours fluctuant. Du point de vue du marché, toutefois, une prime fixe est considérée comme étant plus facile à intégrer au marché général de l'électricité parce que les acteurs impliqués vont réagir aux fluctuations du marché. L'Espagne est le plus important des pays ayant adopté un système de prime fixe.

Les systèmes de crédit d'impôt, utilisés aux Etats-Unis et au Canada, font bénéficier d'un crédit sur les impôts à payer pour chaque kWh produit. Aux Etats-Unis le marché a été porté au niveau fédéral par un

Crédit d'impôt à la production (PTC) d'environ 1,8 cents par kWh ajusté annuellement en fonction de l'inflation.

+ SYSTÈMES DE QUOTAS D'ÉNERGIE RENOUVELABLE

Deux types de systèmes ont été employés : les systèmes d'appels d'offres et les systèmes de certificats verts.

Les systèmes d'appels d'offres consistent à faire concourir des candidats pour l'attribution de contrats de construction et d'exploitation pour un projet particulier, ou la mise en place d'une capacité renouvelable donnée dans un Etat ou une région. Bien qu'en principe d'autres facteurs soient habituellement pris en compte, la proposition la moins chère l'emporte invariablement. Ce système a permis de soutenir l'énergie éolienne en Irlande, en France, au Royaume-Uni, au Danemark et en Chine.

L'inconvénient est que pour décrocher le contrat les investisseurs peuvent proposer des prix trop bas pour être rentables et finalement ne pas réaliser le projet prévu. Dans le système d'appels d'offres britannique NFFO (Non-Fossil Fuel Obligation - Obligation [d'utiliser des] énergies non-fossiles), par exemple, de nombreux contrats n'ont jamais été concrétisés. Ce système a fini par être abandonné. Néanmoins, s'il est correctement conçu, avec des contrats de longue durée en lien clair avec un projet, et éventuellement un prix minimum, un système d'appel d'offres peut être efficace pour des projets d'envergure, comme ce fut le cas pour les projets européens d'exploitation pétrolière et gazière offshore en Mer du Nord.

Les systèmes de certificats verts échangeables (Tradable Green Certificates - TGC) fonctionnent en attribuant des "certificats verts" pour chaque kWh généré par un producteur renouvelable. La valeur de ces certificats, qui peuvent s'échanger sur le marché, est alors ajoutée à la valeur de base de l'électricité. Les certificats verts sont généralement combinés à un quota croissant de génération d'électricité renouvelable

qui oblige légalement les distributeurs électriques à racheter une part croissante de la production renouvelable. Les pays qui ont adopté un tel

système sont le Royaume-Uni, la Suède et l'Italie en Europe et de nombreux Etats aux Etats-Unis, où il est appelé Portefeuille renouvelables standard.

Comparé à un système de prix d'offre fixe, le modèle des certificats verts comporte plus de risques pour les investisseurs, car le prix du certificat fluctue continuellement, à moins que des marchés ne soient effectivement mis en place pour des certificats verts (et contrats d'achat d'électricité) de longue durée. De tels marchés n'existent pas actuellement. De plus, ce système est plus complexe que les autres formes d'aide financière.

Lequel de tous ces systèmes d'incitation financière est le plus efficace ? D'après les expériences qui ont été faites, il apparaît clairement que les réglementations s'appuyant sur des tarifs d'achat et des primes fixes peuvent être efficaces. Toutefois, leur mise en place n'est pas une garantie de succès automatique. Presque tous les pays ayant expérimenté des mécanismes de soutien aux renouvelables ont, à un moment donné, fixé un tarif d'achat, mais cela n'a pas toujours contribué au développement de la production d'électricité renouvelable. C'est la façon dont est conçu un mécanisme, en combinaison avec d'autres mesures, qui détermine sa réussite.

Il est trop tôt pour tirer des conclusions définitives sur les impacts possibles de toutes les options réglementaires disponibles puisque les systèmes les plus complexes, comme ceux s'appuyant sur des certificats verts échangeables, en sont encore au stade expérimental. Il faudra plus de temps et d'expérience pour pouvoir tirer des conclusions fiables sur leur capacité à attirer les investisseurs et impulser de nouvelles capacités de production supplémentaire. Le choix d'un cadre réglementaire au niveau national dépend également de la culture et de l'histoire de chaque pays, du stade de développement des renouvelables et de la volonté politique d'avoir des résultats.