

LES ENERGIES RENOUVELABLES 2007

RAPPORT SUR LA SITUATION GLOBALE

Réseau mondial de promotion des énergies renouvelables pour le 21ème siècle

REN21 est un réseau mondial d'échange et de partage d'idées, qui favorise les actions pour promouvoir des énergies renouvelables. Il constitue un cadre d'échange international sur les initiatives de développement de politiques dans le domaine des énergies renouvelables. Il encourage l'application de politiques adéquates pour l'utilisation des énergies renouvelables aussi bien dans les pays en développement que dans les pays industrialisés.

REN21 développe des synergies entre les différents acteurs ; il joue le rôle d'interface entre les gouvernements, les institutions internationales, les ONG, les associations industrielles et tout autre type d'organisation. REN21 regroupe les acteurs du secteur de l'énergie, du développement et de l'environnement afin de mettre leurs expériences et leurs ressources en contribution pour mieux diffuser les énergies renouvelables dans le monde entier.

Comité de pilotage de REN21

Sultan Al Jaber <i>Abu Dhabi Future Energy Company United Arab Emirates</i>	Hans-Jorgen Koch <i>Danish Energy Authority Denmark</i>	Urban Rid <i>Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety Germany</i>
Richard Burrett <i>Sustainable Development ABN AMRO</i>	Sara Larrain <i>Chile Sustentable</i>	Athena Ronquillo Ballesteros <i>Climate and Energy Greenpeace International</i>
Corrado Clini <i>Ministry for the Environment and Territory Italy</i>	Li Junfeng <i>National Development and Reform Commission, Energy Research Institute Chinese Renewable Energy Industries Association China</i>	Jamal Saghir <i>Energy, Transport, and Water The World Bank</i>
Chris Dodwell <i>Department for Environment, Food and Rural Affairs United Kingdom</i>	Imma Mayol <i>United Cities and Local Governments/City of Barcelona</i>	Claudia Vieira Santos <i>Ministry of External Relations Brazil</i>
Michael Eckhart <i>American Council on Renewable Energy</i>	Paul Mubiru <i>Ministry of Energy and Mineral Development Uganda</i>	Steve Sawyer <i>Global Wind Energy Council</i>
Mohamed El-Ashry <i>United Nations Foundation</i>	Kevin Nassiep <i>National Energy Research Institute South Africa</i>	V. Subramanian <i>Ministry of New and Renewable Energy India</i>
Amal Haddouche <i>Centre de Développement des Energies Renouvelables Morocco</i>	Mika Ohbayashi <i>Institute for Sustainable Energy Policies, Japan</i>	Griffin Thompson <i>Department of State United States</i>
David Hales <i>College of the Atlantic, USA</i>	Rajendra Pachauri <i>The Energy and Resources Institute, India</i>	Ibrahim Togola <i>Mali Folkecenter/Citizens United for Renewable Energy and Sustainability</i>
Kirsty Hamilton <i>Chatham House, UK</i>	Wolfgang Palz <i>World Council for Renewable Energy</i>	Piotr Tulej <i>DG Environment: Energy Unit European Commission</i>
Neil Hirst <i>Energy Technology and R&D Office International Energy Agency</i>	Mark Radka <i>Division of Technology, Industry and Economics United Nations Environment Programme</i>	Arthouros Zervos <i>European Renewable Energy Council</i>
Richard Hosier <i>Global Environment Facility</i>	Peter Rae <i>World Wind Energy Association/International Renewable Energy Alliance</i>	Ton van der Zon <i>Ministry of Foreign Affairs Netherlands</i>
Olav Kjørven <i>Bureau of Development Policy United Nations Development Programme</i>		

Avis de non responsabilité

Avec ses rapports et articles, REN21 met en exergue l'importance des énergies renouvelables et encourage la discussion autour de ce thème. Cependant, il faut noter que ces publications ne reflètent pas nécessairement un consensus entre les différents membres de REN21 qui ont participé de près ou de loin à son élaboration. Bien que l'information fournie dans ce rapport soit la meilleure à la disposition des auteurs alors, REN21 et ses participants ne peuvent pas être jugés responsables de son exactitude.

LES ENERGIES RENOUVELABLES 2007

RAPPORT SUR LA SITUATION GLOBALE

AVANT-PROPOS

Les énergies renouvelables offrent à notre planète une chance de réduire les émissions de carbone, de purifier l'air et de mettre notre civilisation sur une voie plus durable. Elles offrent aussi aux pays du monde une chance d'améliorer leur sécurité énergétique et de stimuler le développement économique. Le secteur des énergies renouvelables a connu une telle évolution au cours des cinq dernières années que nous ne nous rendons pas compte de la place réelle de cette industrie aujourd'hui. Le présent rapport nous permet d'actualiser et d'élargir nos connaissances en la matière. Il offre une remarquable vision globale des marchés, des politiques, des industries et des applications rurales des énergies renouvelables à travers le monde.

Plus de 65 pays ont désormais des objectifs pour le futur de leurs énergies renouvelables et mettent en oeuvre un large éventail de politiques pour atteindre ces objectifs.

Les agences multilatérales aussi bien que les investisseurs "intègrent" les énergies renouvelables à leurs portefeuilles. Et de nombreuses technologies en matière d'énergies renouvelables ont connu une croissance à des taux variant entre 20 et 60 %, d'année en année, suscitant l'intérêt des plus grandes entreprises. En 2007, plus de 100 milliards de \$ ont été investis dans les actifs de production, la fabrication, la recherche et le développement liés aux énergies renouvelables, ce qui représente une étape décisive à l'échelle mondiale. Vu les tendances de la croissance, ce chiffre est appelé à continuer d'augmenter.

En 2004, 3000 délégués de 150 pays se sont réunis pour échanger des idées et prendre des engagements lors de la Conférence internationale sur l'énergie renouvelable qui s'est tenue à Bonn en juin 2004. Cette conférence a lancé de nombreuses actions concrètes, qui apparaissent aujourd'hui dans les tendances

mondiales décrites dans le présent rapport. Elle est également à l'origine du Réseau mondial de promotions des énergies renouvelables pour le XXIème siècle (REN21). Le REN21 s'est développé pour partager des idées, faciliter l'action et fournir un encadrement en vue de promouvoir les énergies renouvelables. Ce type d'encadrement n'a jamais été aussi important, à l'heure où les énergies renouvelables figurent en tête de l'ordre du jour des processus de politique internationale menés dans le cadre des Nations Unies, du G8 ou d'autres forums multilatéraux.

Le présent rapport nous donne une perspective intégrée de la situation mondiale des énergies renouvelables, ce qui était encore impossible en 2004. Il est le fruit des travaux d'une équipe internationale de plus de 140 chercheurs et collaborateurs venant de pays développés et de pays en voie de développement, et fait appel à un large éventail d'informations et de connaissances spécialisées. Publié pour la première fois en 2005, ce rapport a été actualisé en 2006 et sort de nouveau aujourd'hui, au début de 2008.

Je tiens à remercier le gouvernement allemand pour son soutien financier, le Worldwatch Institute pour avoir dirigé la production et la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) ainsi que le Secrétariat de REN21 pour la gestion et le soutien administratif, les membres du Comité directeur du REN21 pour leurs conseils, tous les chercheurs et collaborateurs dont les informations, ces trois dernières années, ont permis ce rapport, ainsi que son principal auteur, Eric Martinot, pour avoir réussi la prouesse de tout agencer.

Le REN21 est fier d'offrir à la communauté mondiale ce tableau des énergies renouvelables.

Mohamed El-Ashry
Président, REN21

Report Citation and Copyright

REN21. 2008. "Les énergies renouvelables 2007: Rapport sur la situation Globale" (Paris: REN21 Secretariat and Washington, DC: Worldwatch Institute). Copyright © 2008 Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH.

SOMMAIRE

Remerciements	4	Schéma 9. Eau chaude et chauffage solaires, capacité additionnelle, pays sélectionnés, 2006 . . .	13
Résumé analytique	6	Schéma 10. Production d'éthanol et de biodiesel, 2000–2007	13
Indicateurs sélectionnés et cinq premiers pays	8	Schéma 11. Investissements annuels dans la capacité en nouvelles énergies renouvelables, 1995–2007	16
1. Aperçu du marché mondial	9	Schéma 12. Objectifs de l'UE en termes d'énergies renouvelables, part d'énergie finale d'ici à 2020	22
2. Flux d'investissements	16	Tableau 1. Statut des technologies renouvelables, caractéristiques et coûts	14
3. Tendances Industrielles	18	Tableau 2. Politiques de promotion des énergies renouvelables	23-24
4. Politiques d'accompagnement	21	Tableau 3. Villes sélectionnées dotées d'objectifs et/ou de politiques en termes d'énergies renouvelables	30
Objectifs des politiques en faveur des énergies renouvelables	21	Tableau 4. Applications existantes courantes des énergies renouvelables dans les zones rurales (hors réseau)	34
Politiques de promotion de la production électrique	24	Tableau R1. Capacités additionnelles et existantes d'origine renouvelable, 2006	38
Eau chaude et chauffage solaires	27	Tableau R2. Energie éolienne additionnelle et existante, 10 premiers pays, 2005 et 2006	38
Politiques en favorisant des biocarburants	28	Tableau R3. Programmes en faveur du solaire en toiture raccordé au réseau, 2002–2006	39
L'achat d'énergie verte et les certificats d'électricité renouvelable	29	Tableau R4. Puissance électrique d'origine renouvelable, existant à compter de 2006	39
Politiques municipales	31	Tableau R5. Capacité installée d'eau chaude, 10 premiers pays/UE et total mondial, 2005 et 2006	40
5. L'énergie rurale renouvelable (hors réseau)	33	Tableau R6. Production de biocarburants, 15 premiers pays plus UE, 2006	40
Tableaux de référence	38	Tableau R7. Part d'énergie primaire et finale d'origine renouvelable, existant en 2006 et objectifs	41
Glossaire	46	Tableau R8. Part d'électricité d'origine renouvelable, existant en 2006 et objectifs	42
Notes de fin	47	Tableau R9. Autres objectifs énergétiques d'origine renouvelable	43
Annexes(voir document séparé*)		Tableau R10. Nombre cumulé de pays/d'Etats/ de provinces appliquant des tarifs de rachat.	44
Liste des références bibliographiques(voir document séparé*)		Tableau R11. Nombre cumulé de pays/d'Etats/ de provinces appliquant des politiques de RPS.	44
		Tableau R12. Obligations de mélange de biocarburants.	45

Encadré, Figures et tableaux

Encadré 1: Part de l'énergie d'origine renouvelable (comparaison entre énergie primaire, équivalent d'énergie primaire et énergie finale) 34

Schéma 1. Part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie mondiale, 2006 . . . 9

Schéma 2. Part d'électricité mondiale d'origine renouvelable, 200 9

Schéma 3. Taux de croissance annuels moyens de la capacité en énergies renouvelables, 2002–2006 . . 10

Schéma 4. Energie éolienne, capacité mondiale existante, 1995–2007 10

Schéma 5. Capacité en énergie éolienne dans 10 premiers pays, 2006 11

Schéma 6. PV solaire, capacité mondiale existante, 1995–2007 11

Schéma 7. Capacités en énergies renouvelables, pays en développement, UE et six premiers pays, 2006 12

Schéma 8. Eau chaude et chauffage solaires, capacité existante, pays sélectionnés, 2006 12

* Les Annexes et la Liste des références bibliographiques sont disponibles sur le site internet de REN21 : www.ren21.net

REMERCIEMENTS

Le présent rapport a été commissionné par REN21 et a été produit en collaboration avec le Worldwatch Institute et un réseau mondial de chercheurs partenaires. Le financement a été assuré par le ministère fédéral allemand pour la Coopération économique et le Développement et par le ministère fédéral allemand pour l'Environnement, la Protection de la nature et la Sécurité nucléaire.

Auteur principal et Directeur de recherches

Eric Martinot (Worldwatch Institute et Tsinghua University)

Producteurs

Worldwatch Institute et Office allemand de la coopération technique (GTZ) GmbH

Edition, conception et mise en page

Lisa Mastny et Lyle Rosbotham (Worldwatch Institute)

Coordination

Paul Suding, Virginia Sonntag-O'Brien et Philippe Lempp (Secrétariat du REN21)

Remerciements particuliers

Tsinghua-BP Clean Energy Research and Education Center, Tsinghua University

Correspondants nationaux et régionaux

Europe et Allemagne: Manfred Fishedick et Frank Merten (Wuppertal Institute)

Etats-Unis: Janet Sawin et Chris Flavin (Worldwatch Institute); Ryan Wiser (Lawrence Berkeley Laboratory)

Amérique latine: Gonzalo Bravo et Daniel Bouille (Energy Economics Institute, Fundación Bariloche, Argentine)

Afrique: Secou Sarr (ENDA); Stephen Karakezi, Waeni Kithyoma et Derrick Okello (AFREPREN/FWD)

Australie: Jenniy Gregory (Clean Energy Council); Mark Diesendorf (University of New South Wales)

Brésil: José Roberto Moreira (Biomass Users Network Brazil)

Canada: José Etcheverry (York University)

Chine: Li Junfeng et Wang Zhongying (China Energy Research Institute); Frank Haugwitz (EU-China Energy and Environment Program); Sebastian Meyer (Azure International)

Egypte: Rafik Youssef Georgy (New and Renewable Energy Authority)

Inde: Akanksha Chaurey (The Energy and Resources Institute)

Indonésie: Fabby Tumiwa (Groupe de travail d'ONG indonésiennes sur la restructuration du secteur de l'électricité)

Japon: Mika Obayashi et Tetsunari Iida (Institute for Sustainable Energy Policies)

Corée: Kyung-Jin Boo (Korean Energy Economics Institute)

Mexique: Odon de Buen (Université nationale autonome de Mexico)

Maroc: Mustapha Taoumi (Centre de développement des énergies renouvelables)

Philippines: Rafael Senga (WWF); Jasper Inventor et Red Constantino (Greenpeace)

Russie: June Koch (CMT Consulting)

Espagne: Miquel Muñoz et Josep Puig (Université autonome de Barcelone)

Thaïlande: Samuel Martin (anciennement Asian Institute of Technology) et Chris Greacen (Palang Thai)

Afrique du Sud: Gisela Prasad (Energy for Development Research Center)

Chercheurs thématiques

OCDE et politiques: Paolo Frankl, Ralph Sims, Samantha Ölz et Sierra Peterson (Agence internationale de l'énergie); Piotr Tulej (Commission européenne DG-environnement)

Pays en développement: Anil Cabraal, Todd Johnson, Kilian Reiche, Xiaodong Wang (Banque mondiale)

Marchés de l'énergie éolienne: Steve Sawyer (Conseil mondial de l'énergie éolienne)

Solaire PV: Travis Bradford et Hilary Flynn (Prometheus Institute); Michael Rogol (Photon Consulting); Paul Maycock (PV News); Denis Lenardic (pvresources.com)

Concentration des marchés solaire et thermique : Fred Morse (Morse Associates)

Marchés de la géothermie: John Lund (Association internationale de la géothermie)

Marchés de l'eau chaude solaire: Werner Weiss et Irene Bergman (programme "chauffage et froid solaires" de l'AIE)

Biocarburants: Raya Widenoja (Worldwatch Institute); Suzanne Hunt et Peter Stair (anciennement Worldwatch)

Technologie: Dan Bilello et autres directeurs technologiques (NREL)

Financement: Michael Liebreich (New Energy Finance); Virginia Sonntag-O'Brien (REN21, anciennement BASE)
 Subventions à l'énergie: Doug Koplou (Earth Track)
 Sociétés: John Michael Buethe (Georgetown University); Michael Rogol (Photon Consulting)
 Emplois: Daniele Guidi (Ecosoluzioni)
 Objectifs stratégiques: Paul Suding et Philippe Lempp (REN21)
 Tarifs de rachat: Miguel Mendonca (World Future Council)
 Energie verte: Lori Bird (NREL); Veit Bürger (Öko-Institut)
 Villes: Cathy Kunkel (Princeton University); Maryke van Staden, Jean-Olivier Daphond et Monika Zimmermann (ICLEI-Europe); Kristen Hughes et John Byrne (University of Delaware); Jong-dall Kim (Kyungpook National University)

Relecteurs et collaborateurs

Lawrence Agbemabiese (PNUE); Morgan Bazilian (Département des Communications, de l'Energie et des Ressources naturelles, Irlande); Peter Droegge (University of Newcastle); Françoise d'Estais (PNUE); Claudia von Fersen (KfW); Lisa Frantzis (Navigant Consulting); Thomas Johansson (Lund University); Dan Kammen (UC Berkeley); Hyojin Kim (UC San Diego); Ole Langniss (ZSW/Centre sur l'énergie solaire et la recherche sur l'hydrogène); Molly Melhuish (New Zealand Sustainable Energy Forum); Wolfgang Mostert (Mostert Associates); Kevin Nassiep (SANERI); Lars Nilsson (Lund University); Ron Pernick (Clean Edge); Chris Porter (Photon Consulting); Daniel Puig (PNUE); Qin Haiyan (Association chinoise de l'énergie éolienne); Mark Radka (PNUE); Wilson Rickerson (Bronx Community College); Frank Rosillo-Calle (Imperial College London); Jamal Saghir (Banque mondiale); Martin Schöpe (BMU); Annette Schou (Danish Energy Authority); Shi Pengfei (Association chinoise de l'énergie éolienne); Scott Sklar (Stella Group); Sven Teske (Greenpeace International); Eric Usher (PNUE); Mary Walsh (White and Case LLP); Wang Sicheng (Beijing Jike); Jeremy Woods (Imperial College of London); Ellen von Zitzewitz (anciennement BMU).

Autres collaborateurs des éditions antérieures

Molly Aeck (anciennement Worldwatch); Lily Alisse (anciennement AIE); Dennis Anderson (Imperial College of London); Sven Anemüller (Germanwatch); Robert Bailis (UC Berkeley); Jane Barbieri (AIE); Doug Barnes (Banque mondiale); Jeff Bell (Alliance mondiale pour l'énergie décentralisée); Eldon Boes (NREL); Verena Brinkmann (GTZ); John Christensen (PNUE); Wendy Clark (NREL); Christian de Gromard (FFEM); Nikhil Desai (anciennement Banque mondiale); Jens Drillisch (GTZ/KfW); Christine Eibs-Singer (E+Co); Charles Feinstein (Banque mondiale); Larry Flowers (NREL); Alyssa Frederick (ACORE); David Fridley (LBNL); Uwe Fritsche (Öko-Institut); Lew Fulton (PNUE et AIE); Chandra Govindarajalu (Banque mondiale); Gu Shuhua (Tsinghua University); Jan Hamrin (CRS); Miao Hong (CRESP de la Banque mondiale pour la Chine); Katja Hünecke (Öko-Institut); Alyssa Kagel (Association américaine de l'énergie géothermique); Sivan Kartha (SEI-US); Marlis Kees (GTZ); Simon Koppers (ministère fédéral allemand pour la Coopération économique et le Développement); Jean Ku (anciennement NREL); Lars Kvale (CRS); Ole Langniss (ZSW); Debra Lew (NREL); Li Hua (SenterNovem); Li Shaoyi (DAES des Nations Unies); Dan Lieberman (CRS); Liu Dehua (Tsinghua University); Liu Jinghe (China Energy Research Society); Liu Pei (Tsinghua University); John Lund (Association internationale de la géothermie); Luo Zhentao (China Association of Solar Thermal Application); Subodh Mathur (Banque mondiale); Susan McDade (PNUD); Alan Miller (IFC); Pradeep Monga (UNIDO); Hansjörg Müller (GTZ); Rolf Posorski (GTZ); Venkata Ramana (Winrock); Jeannie Renne (NREL); Ikuko Sasaki (ISEP); Oliver Schaefer (EREC); Michael Schlup (anciennement BASE); Klaus Schmidt (Öko-Institut); Rick Sellers (anciennement AIE); Judy Siegel (Energy and Security Group); Peter Stair (Worldwatch Institute); Till Stenzel (AIE); Blair Swezey (NREL); Richard Taylor (Association internationale de l'énergie hydraulique); Christof Timpe (Öko-Institut); Valérie Thill (Banque européenne d'investissement); Molly Tirpak (ICF); Dieter Uh (GTZ); Bill Wallace (anciennement Projet sur les énergie renouvelables du PNUD pour la Chine); Njeri Wamukonya (PNUE); Wang Wei (REDP de la Banque mondiale pour la Chine); Wang Yunbo (Tsinghua University); Christine Woerlen (anciennement GEF); Dana Younger (IFC); Arthouros Zervos (Conseil européen de l'énergie renouvelable).

RESUME ANALYTIQUE

En 2007, plus de 100 milliards de \$ ont été investis dans la puissance, les usines de production et la recherche et développement en matière d'énergies renouvelables, ce qui constitue une étape décisive à l'échelle mondiale. Toutefois, la perception que nous avons des énergies renouvelables est en deçà de la réalité, du fait de la rapidité fulgurante de leur évolution ces dernières années. Le présent rapport témoigne de cette réalité et propose un aperçu de la situation des énergies renouvelables à travers le monde en 2007. Il couvre les tendances au niveau des marchés, des investissements, des industries, des politiques et des énergies renouvelables rurales (hors réseau). A dessein, ce rapport ne fournit pas d'analyse, ne traite pas des questions actuelles et ne prédit pas l'avenir. Nombres de tendances reflètent une importance croissante par rapport aux énergies traditionnelles.

- ▶ **La capacité de production d'électricité renouvelable** aurait atteint environ 240 gigawatts (GW) dans le monde en 2007, soit une augmentation de 50 % par rapport à 2004. Les énergies renouvelables représentent 5 % de la puissance énergétique mondiale et 3,4 % de la production électrique mondiale. (Ces chiffres ne tiennent pas compte de l'énergie hydraulique à grande échelle, qui représentait à elle seule 15 % de la production électrique mondiale).
- ▶ En 2006, les énergies renouvelables ont produit autant d'**énergie électrique** dans le monde qu'un quart des centrales nucléaires de la planète, sans compter l'énergie hydraulique à grande échelle (et même plus que le nucléaire en incluant cette dernière).
- ▶ La principale composante de la capacité de production d'énergie renouvelable est l'**énergie éolienne**, qui s'est accrue de 28 % dans le monde en 2007, pour atteindre environ 95 GW. La capacité additionnelle annuelle a augmenté plus encore, avec une hausse de 40 % en 2007 par rapport à 2006.
- ▶ La technologie énergétique qui connaît la croissance la plus rapide dans le monde est **celle du photovoltaïque solaire raccordé au réseau (PV)**, avec une augmentation annuelle de 50 % de la puissance installée cumulative en 2006 aussi bien qu'en 2007, pour atteindre environ 7,7 GW. Cela représente, à travers le monde, un million et demi de foyers équipés de panneaux PV solaires en toiture qui alimentent le réseau.
- ▶ **Les collecteurs de chaleur solaire** en toiture fournissent de l'eau chaude à presque 50 millions de foyers à travers le monde et du chauffage par convection à un nombre croissant d'habitations. La capacité existante en énergie solaire thermique a augmenté de 19 % en 2006, pour atteindre 105 gigawatts thermiques (GWth) à l'échelle mondiale.

- ▶ **La biomasse et l'énergie géothermique** sont couramment utilisées pour l'électricité aussi bien que pour le chauffage, avec des hausses récentes dans un certain nombre de pays, y compris des utilisations liées au chauffage urbain. Plus de 2 millions de pompes à chaleur géothermiques sont employées dans 30 pays pour chauffer et climatiser des immeubles.
- ▶ La production de **biocarburants** (éthanol et biodiesel) aurait dépassé 53 milliards de litres en 2007, soit une hausse de 43 % par rapport à 2005. En 2007, la production d'éthanol a représenté environ 4 % des 1300 milliards de litres d'essence consommés dans le monde. La production annuelle de biodiesel s'est accrue de plus de 50 % en 2006.
- ▶ **Les énergies renouvelables**, notamment l'énergie hydraulique à petite échelle, la biomasse et le PV solaire fournissent de l'électricité, de la chaleur, de la force motrice et alimentent des pompes à eau pour des dizaines de millions d'habitants dans les zones rurales des pays en développement, alimentant l'agriculture, la petite industrie, les habitations, les écoles et les besoins communautaires. Vingt-cinq millions de ménages cuisinent et éclairent leur foyer au biogaz et 2,5 millions de ménages utilisent des systèmes d'éclairage solaire.
- ▶ **Les pays en développement** représentent plus de 40 % de la capacité électrique renouvelable existante, plus de 70 % de la capacité d'eau chaude solaire existante et 45 % de la production de biocarburants.

Tous ces marchés confondus, quelque 71 milliards de \$ auraient été investis en 2007 dans la capacité électrique et calorifique renouvelable à l'échelle mondiale (hydroélectricité à grande échelle non comprise), dont 47 % pour l'éolienne et 30 % pour le PV solaire. S'y sont ajoutés les investissements dans l'énergie hydraulique à grande échelle, soit entre 15 et 20 milliards de \$. Les flux d'investissements ont connu une diversification et une intégration au cours de 2006/2007, y compris ceux des principales banques commerciales et d'investissements, des sociétés à capital de risque et des sociétés de financement par capitaux propres, des organisations de développement multilatérales et bilatérales et des financiers locaux moins importants.

L'industrie des énergies renouvelables a vu l'arrivée de beaucoup de nouvelles entreprises, enregistré des hausses considérables de la valeur des sociétés et de nombreuses introductions en Bourse. En ne comptant que les 140 premières entreprises d'énergies renouvelables cotées en bourse, on obtient une capitalisation boursière combinée de plus de 100 milliards de \$. Les entreprises ont également élargi leur expansion dans les marchés émergents. Un certain nombre de technologies commerciales émergentes enregistrent une croissance industrielle très importante, notamment le PV

solaire en couche mince, la cogénération d'énergie solaire et thermique et les biocarburants évolués/de deuxième génération (avec, en 2007, l'achèvement ou la construction en cours des premières usines commerciales jamais réalisées).

A travers le monde, les emplois liés à la fabrication, à l'exploitation et à l'entretien des technologies en matière d'énergies renouvelables ont dépassé 2,4 millions en 2006, dont quelque 1,1 million pour la production de biocarburants.

Des objectifs quantitatifs de production sont fixés dans au moins 66 pays du monde, dont les 27 pays de l'Union européenne, 29 Etats des Etats-Unis (et Washington D.C.) et 9 provinces canadiennes. La plupart de ces objectifs portent sur les parts de la production électrique, de l'énergie primaire et/ou de l'énergie finale pour une année donnée à venir. La majorité de production concerne l'horizon 2010-2012, même si un nombre croissant cible l'horizon 2020. A l'échelle de l'Union européenne, l'objectif est de 20% de l'énergie finale d'ici à 2020, la Chine ayant un objectif de production de 15% de l'énergie primaire d'ici à 2020. En dehors de la Chine, plusieurs autres pays en développement ont adopté ou revu à la hausse leurs objectifs de production en 2006/2007. En outre, plusieurs pays ont désormais des objectifs liés à la part des biocarburants dans l'énergie destinée aux transports, notamment, à l'échelle de l'Union européenne, un objectif de 10% d'ici à 2020.

Les dernières années ont connu une explosion des politiques visant à promouvoir les énergies renouvelables. Au moins 60 pays (37 pays développés et en transition et 23 pays en développement) ont instauré une politique pour favoriser la production des énergies renouvelables. La politique la plus répandue est l'obligation de rachat de l'électricité produite par les énergies renouvelable. En 2007, au moins 37 pays et 9 Etats/provinces d'Amérique du Nord avaient adopté des politiques de tarifs de rachat, dont plus de la moitié sont en oeuvre depuis 2002. L'élan en faveur des tarifs de rachat continue à travers le monde, tandis que les pays instaurent de nouvelles politiques de tarifs de rachat ou révisent les politiques existantes. Au moins 44 pays et Etats/provinces d'Amérique du Nord ont instauré des normes relatives à la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique (Renewables Portfolio Standards, ou RPS), également appelés obligations vertes ou systèmes de quotas.

Il existe plusieurs autres formes de mesures de soutien incitant à la production des énergies renouvelables, notamment les subventions à l'investissement ou les rétrocessions, les incitations fiscales et les crédits d'impôts, les exonérations

de la taxe sur les ventes et de la taxe à la valeur ajoutée, les paiements à la production d'énergie ou les avoirs fiscaux, le comptage net, les investissements ou le financement publics et les appels d'offres publics. Par ailleurs, beaucoup de pays en développement ont nettement accéléré leurs politiques de promotion de l'électricité renouvelable ces dernières années, en instaurant, en renforçant ou en envisageant un large éventail de politiques et de programmes.

Les politiques en faveur des chauffe-eaux solaires et des biocarburants se sont multipliées au cours des dernières années. Les obligations d'installation de chauffe-eaux solaires dans les nouvelles constructions constituent une tendance croissante qui se confirme au plan national comme au plan local. De nombreuses régions proposent également des subventions en capital et/ou mettent en oeuvre des programmes de promotion de l'eau chaude solaire. Des obligations contraignantes d'incorporation de biocarburants aux carburants pour les véhicules ont été instaurées au plan national dans au moins 36 Etats/provinces d'Amérique du Nord et 17 pays. La plupart de ces obligations exigent une incorporation de 10 à 15% d'éthanol à l'essence ou de 2 à 5% de biocarburant au diesel. Les exonérations de la taxe sur les carburants et/ou les subventions à la production sont devenues des politiques importantes en faveur des biocarburants dans plus d'une douzaine de pays.

Au plan local, des municipalités à travers le monde fixent des objectifs de production relatifs à la part des énergies renouvelables dans la consommation des autorités ou dans la consommation totale de la ville, généralement autour de 10 à 20%. Certaines villes ont défini des objectifs de réduction du dioxyde de carbone. De nombreuses agglomérations votent des politiques visant à promouvoir l'eau chaude solaire et le PV solaire et intègrent les énergies renouvelables à leur planification urbaine.

Les organismes de facilitation du commerce (OFC) soutiennent aussi la croissance des marchés, des investissements, des industries et des politiques sur les énergies renouvelables, à travers la création de réseaux, les études de marché, la formation, la facilitation de projets, le conseil, le financement et les autres formes d'assistance technique. Il existe aujourd'hui des centaines d'organismes de ce type à travers le monde, incluant des associations industrielles, des organisations non-gouvernementales, des agences de développement multilatérales et bilatérales, des partenariats et des réseaux internationaux et des agences gouvernementales.

LES INDICATEURS CHOISIS ET LES CINQ PRINCIPAUX PAYS

Indicateurs Choisis	2005	↗ 2006	↗ 2007 (estimation)
Investissement en énergie renouvelable (annuelle)	\$40	↗ 55	↗ 71 milliards USD
Puissance des énergies renouvelables (existante, excluant l'énergie hydraulique à grande échelle)	182	↗ 207	↗ 240 GW
Puissance des énergies renouvelables (existante, incluant l'énergie hydraulique à grande échelle)	930	↗ 970	↗ 1010 GW
Puissance d'énergie éolienne (existante)	59	↗ 74	↗ 95 GW
Puissance solaire PV connectée au réseau	3,5	↗ 5,1	↗ 7,8 GW
Production solaire PV (annuelle)	1,8	↗ 2,5	↗ 3,8 GW
Capacité solaire thermique (existante)	88	↗ 105	↗ 128 GWth
Production d'éthanol (annuelle)	33	↗ 39	↗ 46 milliards de litres
Production de Biodiesel (annuelle)	3,9	↗ 6	↗ 8 milliards de litres
Pays avec des politiques ciblées	52	↗	66 pays
Etats/provinces/pays ayant une politique définie	41	↗	46 Etats/provinces/pays
Etats/provinces/pays ayant une politique RPS	38	↗	44 Etats/provinces/pays
Etats/provinces/pays ayant des mandats pour les biocarburants	38	↗	53 Etats/provinces/pays

Cinq Principaux Pays	#1	#2	#3	#4	#5
Quantité annuelle ou capacité additionnelle en 2006					
Nouvelle capacité investie	Allemagne	Chine	Etats-Unis	Espagne	Japon
Puissance éolienne supplém.	Etats-Unis	Allemagne	Inde	Espagne	Chine
Solaire PV (connecté au réseau)	Allemagne	Japon	Etats-Unis	Espagne	Corée du Sud
Solaire thermique	Chine	Allemagne	Turquie	Inde	Australie
Production d'éthanol	Etats-Unis	Brésil	Chine	Allemagne	Espagne
Production de Biodiesel	Allemagne	Etats-Unis	France	Italie	République Tchèque
Capacité existante en 2006					
Puissance d'énergies renouvelables	Chine	Allemagne	Etats-Unis	Espagne	Inde
Grand hydro	Etats-Unis	Chine	Brésil	Canada	Japon/Russie
Petite hydro	Chine	Japon	Etats-Unis	Italie	Brésil
Puissance éolienne	Allemagne	Espagne/Etats-Unis		Inde	Denmark
Puissance Biomasse	Etats-Unis	Brésil	Philippines	Allemagne/Suède/Finlande	
Puissance géothermique	Etats-Unis	Philippines	Mexique	Indonésie/Italie	
Solaire PV (connecté au réseau)	Allemagne	Japon	Etats-Unis	Espagne	Pays-Bas/Italie
Solaire thermique	Chine	Turquie	Allemagne	Japon	Israël

1. APERCU DU MARCHÉ MONDIAL

Les énergies renouvelables assurent 18% de la consommation mondiale d'énergie finale, en comptant la biomasse traditionnelle, l'énergie hydraulique à grande échelle et les « nouvelles » énergies renouvelables (énergie hydraulique à petite échelle, biomasse moderne, éolienne, solaire, géothermie et biocarburants).^{*†} (Voir schéma 1) La biomasse traditionnelle, principalement utilisée pour la cuisine et le chauffage, représente environ 13% et connaît une lente augmentation, voire un déclin dans certaines régions, au fur et à mesure que son rendement s'améliore ou qu'elle est remplacée par des formes d'énergie plus modernes. L'énergie hydraulique à grande échelle représente 3% et augmente modestement, essentiellement dans les pays en développement. Les nouvelles énergies renouvelables représentent 2,4 % et connaissent une hausse très rapide dans les pays développés et dans certains pays en développement.[‡] A l'évidence, chacune de ces trois formes d'énergie renouvelable présente des caractéristiques et des tendances uniques. Le présent rapport met principalement l'accent sur les nouvelles énergies renouvelables, en raison de leur fort potentiel et de la nécessité accrue de soutenir les politiques et les marchés qui y sont liés en vue d'accélérer leur utilisation commerciale.^{§1}

Les énergies renouvelables remplacent les combustibles traditionnels dans quatre secteurs distincts: la production d'énergie, l'eau chaude et le chauffage par convection, les carburants pour les transports et l'énergie rurale (hors réseau). (Voir tableau R1, page 38). Au niveau de la production énergétique, les énergies renouvelables représentent environ 5% de la capacité mondiale de production d'énergie et fournissent quelque 3,4 % de la production mondiale d'électricité (excluant l'énergie hydraulique à grande échelle). (Voir schéma 2). Des dizaines de millions de bâtiments sont alimentés en eau chaude et en chauffage par convection par la biomasse, le solaire et la géothermie. Des collecteurs d'eau chaude solaire par exemple,

sont aujourd'hui utilisés par environ 50 millions de ménages à travers le monde, et principalement en Chine. La biomasse et la géothermie fournissent également de la chaleur à l'industrie, aux habitations et à l'agriculture. Les biocarburants pour les transports occupent une place limitée mais croissante dans certains pays et une place très importante au Brésil, où l'éthanol produit à partir de la canne à sucre

Schéma 1. Part des énergies renouvelables dans la consommation mondiale d'énergie finale, 2006

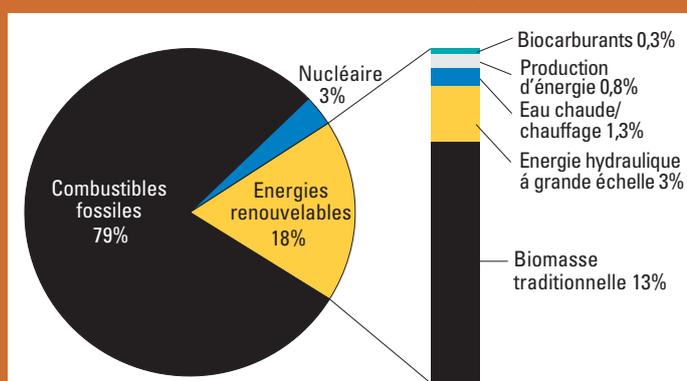
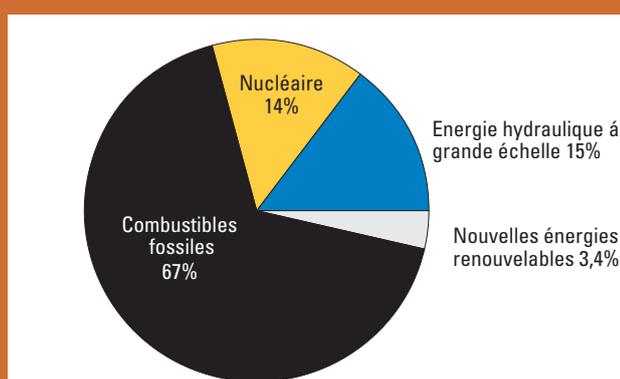


Schéma 2. Part d'électricité mondiale d'origine renouvelable, 2006



*Sauf indication contraire, le terme « énergies renouvelables » employé dans le présent rapport se réfère aux « nouvelles » énergies renouvelables. Il est d'usage de définir l'énergie hydraulique à grande échelle comme étant supérieure à 10 mégawatts (MW), même si les statistiques concernant l'énergie hydraulique à petite échelle dans le présent rapport incluent les usines jusqu'à 50 MW en Chine et 30 MW au Brésil, ces pays définissant l'énergie hydraulique à petite échelle et communiquent des données sur cette dernière en se fondant sur ces seuils.

† Le schéma 1 montre la consommation finale d'énergie, qui diffère de la part d'énergie primaire figurant dans l'édition de 2005 du rapport et fréquemment citée ailleurs. Voir l'encadré 1, page 21, pour une explication de ces indicateurs. Selon la méthodologie utilisée, la part d'énergie primaire de toutes les énergies renouvelables en 2006 était soit de 13%, soit de 17%.

‡ « Pays en développement » n'est pas un terme exact, mais se réfère généralement à un pays dont le revenu par habitant est faible. L'un des étalons de mesure porte sur l'éligibilité à l'aide de la Banque mondiale. Dans le présent rapport, les pays en développement sont les pays n'appartenant pas à l'OCDE, auxquels s'ajoutent le Mexique et la Turquie, membres de l'OCDE, mais sans compter la Russie ni les autres anciennes économies planifiées en transition.

§ Le présent rapport couvre seulement les technologies en matière d'énergies renouvelables qui ont aujourd'hui une application commerciale mondiale à une échelle significative. Parmi les autres technologies prometteuses du point de vue commercial ou déjà employées en quantités limitées sur une base commerciale, on peut citer la climatisation solaire active (également appelée « climatisation solaire »), la conversion de l'énergie thermique des océans, l'énergie marémotrice, l'énergie de la houle et la géothermie à base de roches chaudes humides/sèches. En outre, le chauffage et la climatisation solaires passifs constituent des pratiques commerciales avérées et répandues dans les projets de construction, mais ne sont pas prises en compte dans le présent rapport.

assure plus de 40% de la consommation nationale d'essence. Dans les pays en développement, plus de 500 millions de ménages utilisent la biomasse traditionnelle pour la cuisine et le chauffage; 25 millions de ménages cuisinent et éclairent leur foyer au biogaz (à la place du kérosène et d'autres combustibles utilisés pour la cuisine); plus de 3 millions de ménages éclairent leur foyer à l'énergie photovoltaïque solaire (PV) et un nombre croissant de petites industries, y compris pour la transformation des produits agricoles, tirent de la chaleur de procédé et de la force motrice des digesteurs de biogaz à petite échelle.²

La puissance énergétique renouvelable mondiale a connu des taux d'augmentation de l'ordre de 15 à 30% cent par an pour de nombreuses technologies au cours de la période 2002-2006, dont l'énergie éolienne, l'eau chaude solaire, le chauffage géothermique et le PV solaire hors réseau (voir schéma 3). La croissance du PV solaire raccordé au réseau a éclipsé toutes ces dernières, avec un taux moyen de croissance annuelle de 60% pour cette période. Les biocarburants ont également connu une hausse rapide au cours de cette période, de 40% par an en moyenne pour le biodiesel et de 15% pour l'éthanol. D'autres technologies se développent à des taux plus classiques compris entre 3 et 5%, notamment l'énergie hydraulique à grande échelle, l'énergie et la chaleur à base de biomasse et l'énergie géothermique, même si, dans certains pays, ces technologies connaissent une augmentation nettement plus rapide que la moyenne mondiale. Ces taux de croissance sont comparables aux taux de croissance mondiaux des combustibles fossiles, compris entre 2 et 4% ces dernières années (supérieurs dans certains pays en développement).³

En ce qui concerne le secteur de la production d'énergie, l'énergie hydraulique à grande échelle reste l'une des technologies en matière d'énergie dont les coûts sont les plus faibles, même si les contraintes d'ordre environnemental, les impacts du relogement et la disponibilité de sites ont limité la poursuite de son développement dans de nombreux pays. L'énergie hydraulique à grande échelle a fourni 15% de la production mondiale d'électricité en 2006, soit une baisse de 19% par rapport à 1996. A l'échelle mondiale, l'énergie hydraulique à grande échelle a connu une augmentation annuelle moyenne de 3% au cours de la période 2002-2006 (inférieure à 1% dans les pays développés). La Chine est le pays ayant enregistré la hausse la plus importante, avec plus de 8% par an au cours de cette période. Les cinq premiers producteurs d'énergie hydraulique en 2006 étaient la Chine (14% de la production mondiale), le Canada et le Brésil (12% chacun), les Etats-Unis (10%) et la Russie (6%). En Chine, la croissance de l'énergie hydraulique a été de pair avec la croissance rapide du secteur de l'électricité, avec environ 6 gigawatts (GW) supplémentaires d'énergie hydraulique à grande échelle et 6 GW d'énergie hydraulique

Schéma 3. Taux de croissance annuels moyens de la capacité en énergies renouvelables, 2002-2006

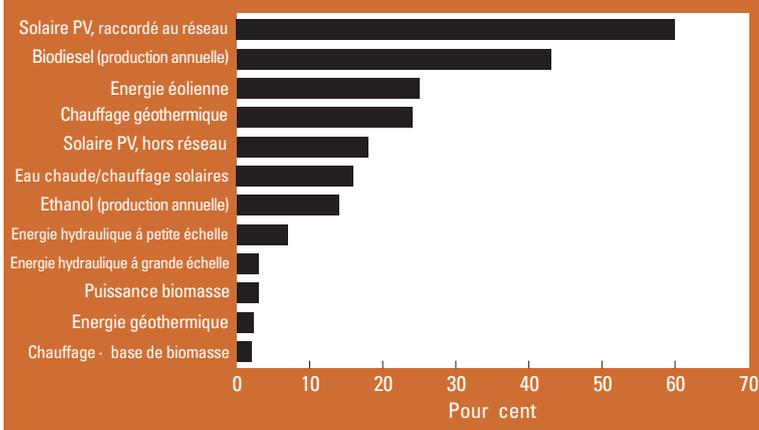
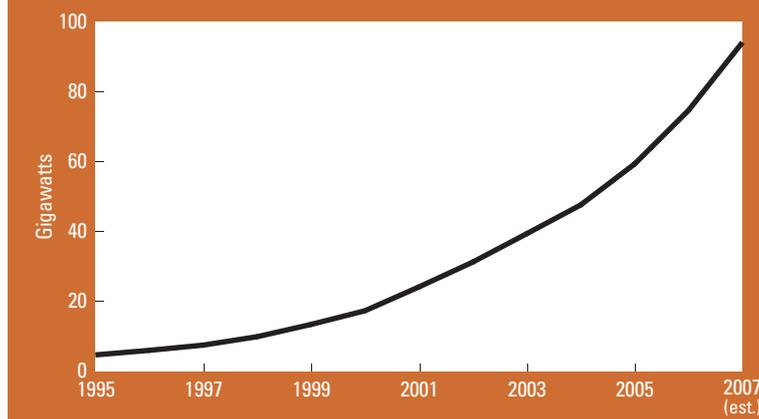


Schéma 4. Energie éolienne, capacité mondiale existante, 1995-2007



à petite échelle en 2006. Nombre d'autres pays en développement continue de développer activement l'énergie hydraulique. Dans les pays en développement, l'énergie hydraulique à petite échelle est souvent utilisée dans des applications autonomes ou semi-autonomes destinées à remplacer les génératrices alimentées au diesel ou les autres centrales électriques à petite échelle, ou encore à fournir de l'électricité aux populations rurales.⁴

En 2007, la capacité en énergie éolienne a augmenté plus que toute autre technologie en matière d'énergies renouvelables (plus même que l'énergie hydraulique), avec environ 21 GW supplémentaires. Cela a représenté une hausse de 28% par rapport à 2006 (voir schéma 4). L'énergie éolienne est aussi devenue l'une des technologies renouvelables les plus répandues, avec des installations dans plus de 70 pays. Cependant, les deux tiers de la puissance additionnelle mondiale en 2006 (15 GW au total) étaient concentrés dans cinq pays seulement: les Etats-Unis (2,5 GW), l'Allemagne (2,2 GW), l'Inde (1,8 GW), l'Espagne (1,6 GW) et la Chine (1,4 GW). (Voir schéma 5, page 11, et tableau R2, page 38). De nombreux pays en développement ont fait des efforts dans ce domaine: le Brésil, le Costa Rica, l'Egypte, l'Iran, le Mexique et le Maroc ont tous accru leur capacité en 2006.

Schéma 5. Capacité en énergie éolienne, 10 premiers pays, 2006

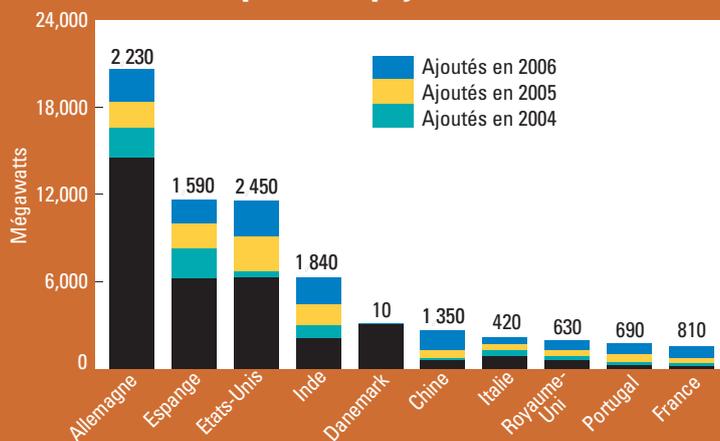
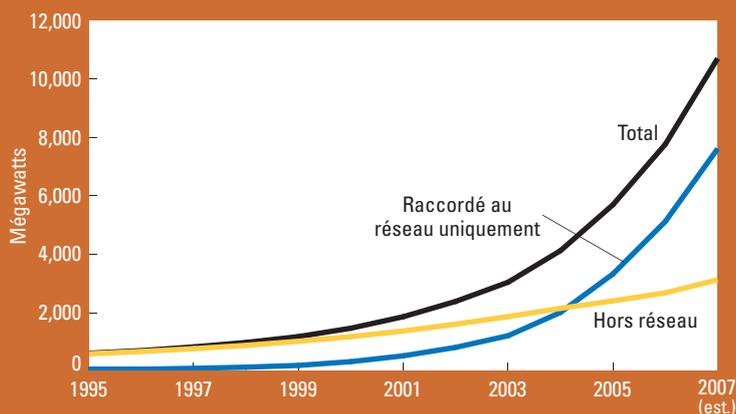


Schéma 6. Capacité mondiale installée: solaire PV, 1995-2007



Entre le Brésil et le Mexique, l'éolienne a été multipliée par 10 en 2006, de 30 mégawatts (MW) à presque 300 MW.⁵

Les éoliennes marines se développent lentement, en partie à cause des coûts plus élevés et des préoccupations liées à la maintenance par rapport aux marchés à terre en pleine expansion. Ces dernières années, on a enregistré une capacité additionnelle de quelques centaines de mégawatts par an, principalement en Europe. L'année 2007 a vu le lancement de la construction d'un parc éolien de 300 MW au large de la Belgique, le plus grand d'Europe. En 2006/2007, La France, la Suède et le Royaume-Uni ont tous entamé des programmes de développement marin, avec des parcs éoliens de l'ordre de 100-150 MW attendus pour 2008/2009.

La biomasse est couramment utilisée pour l'énergie aussi bien que pour le chauffage, avec des hausses récentes d'utilisation de la biomasse dans un certain nombre de pays européens, notamment l'Autriche, le Danemark, l'Allemagne, la Hongrie, les Pays-Bas, la Suède et le Royaume-Uni, ainsi que dans certains pays en développement. En 2006, la capacité énergétique à base de biomasse était d'environ 45 GW. Le Royaume-Uni enregistre depuis peu un développement de la "co-combustion" (combustion de

faibles quantités de biomasse dans des centrales électriques alimentées au charbon). L'utilisation de la biomasse pour le chauffage urbain et la production combinée de chaleur et d'électricité (CHP) s'est accrue en Autriche, au Danemark, en Finlande, en Suède et dans les pays baltes, et représente une part importante (entre 5 et 50%) du combustible employé pour le chauffage urbain. Parmi les pays en développement, la production d'énergie et de chaleur à petite échelle à partir de déchets agricoles est répandue, par exemple à partir d'enveloppes de riz ou de noix de coco. L'utilisation de bagasse (canne à sucre après extraction du jus) pour la production d'énergie et de chaleur est significative dans les pays dotés d'une importante industrie sucrière, dont l'Australie, le Brésil, la Chine, la Colombie, Cuba, l'Inde, les Philippines et la Thaïlande. Les granulats de biomasse se répandent, avec environ 6 millions de tonnes consommées en Europe en 2005, dont environ la moitié pour le chauffage résidentiel et l'autre moitié pour la production d'énergie (souvent dans des centrales de production combinée de chaleur et d'électricité à petite échelle). Les principaux pays européens employant des granulats sont l'Autriche, la Belgique, le Danemark, l'Allemagne, l'Italie, les Pays-Bas et la Suède. Même s'il est impossible d'obtenir une répartition à l'échelle mondiale de la consommation de biomasse à des fins de chauffage et à des fins d'énergie, en Europe, les deux tiers de la biomasse servent pour le chauffage.⁶

La géothermie fournit presque 10 GW de capacité énergétique, avec une hausse d'environ 2-3% par an, dont la plupart provient d'Italie, d'Indonésie, du Japon, du Mexique, de Nouvelle-Zélande, des Philippines et des Etats-Unis, avec une capacité additionnelle dans plusieurs autres pays. L'Islande tire un quart de l'ensemble de son énergie de la géothermie.⁷

Le photovoltaïque (PV) solaire raccordé au réseau reste la technologie de production d'énergie qui connaît la croissance la plus rapide dans le monde, avec une hausse annuelle de 50 % de la puissance installée cumulative en 2006 aussi bien qu'en 2007, pour atteindre environ 7,8 GW à la fin de 2007 (voir schéma 6). Cela représente, à travers le monde, un million et demi de foyers équipés de panneaux PV solaires en toiture qui alimentent le réseau. L'Allemagne a alimenté la moitié du marché mondial en 2006, avec de l'ordre de 850-1000 GW additionnels. En 2006, le PV solaire raccordé au réseau a augmenté d'environ 300 MW au Japon, 100 MW aux Etats-Unis et 100 MW en Espagne (voir tableau R3, page 39). Le marché espagnol du PV solaire est celui qui a connu la croissance la plus rapide au monde en 2007, en partie du fait de l'introduction et de la révision de politiques, avec environ 400 MW additionnels en 2007, soit quatre fois plus que l'augmentation enregistrée en 2006. L'émergence d'une forte croissance dans d'autres pays européens, notamment en Italie et en Grèce, avec l'introduction récente de

politiques en la matière, modifie également cet équilibre. En France, la récente révision des politiques de rachat commence à accélérer une croissance jusqu'alors lente. L'Italie semblait déterminée à installer 20 MW en 2007 et la France 15 MW, soit le double des quantités installées par ces deux pays en 2006. Aux Etats-Unis, la Californie demeure le leader incontesté, après avoir conquis 70% du marché des Etats-Unis en 2006. Le New Jersey arrive en deuxième position, avec d'autres marchés émergents dans plusieurs Etats du sud-ouest et de l'est. La Corée se présente aussi comme un important marché émergent.⁸

La majorité des installations PV solaires se limitent à quelques kilowatts (kW) ou à quelques dizaines de kilowatts. Elles incluent de plus en plus de PV "intégré au bâtiment" (PVIB), lequel commence à capter l'attention de la communauté des architectes traditionnels. En outre, la croissance des installations de PV solaire à grande échelle s'est accélérée au cours de 2006/2007, notamment à des échelles de centaines de kilowatts et de mégawatts. Un exemple bien connu a été l'installation par Google d'un générateur photovoltaïque de 1,6 MW à son siège social de Californie. Quant à la centrale de 14 MW de la base aérienne de Nellis, au Nevada, elle est depuis peu la plus grande centrale PV solaire des Etats-Unis. L'Espagne accueille aujourd'hui les deux plus grandes centrales électriques PV solaires du monde, avec 20 MW chacune, dans les villes de Jumilla (région de Murcie) et de Beneixama (région d'Alicante). Au total, il existe plus de 800 centrales à travers le monde dotées d'une capacité supérieure à 200 kW et au moins 9 centrales dépassant les 10 MW: en Allemagne, au Portugal, en Espagne et aux Etats-Unis. A l'autre extrémité, on trouve des installations hors réseau plus petites, d'une capacité habituellement bien inférieure à un kilowatt, pour un éventail d'applications telles que l'approvisionnement des habitations rurales sans accès à l'énergie électrique, les télécommunications isolées, la signalisation routière, l'éclairage public et les produits de consommation. En comptant ces installations de PV solaire hors réseau, qui continuent d'enregistrer des taux de croissance à deux chiffres, le PV solaire cumulatif existant à travers le monde serait passé de 7,7 GW en 2006 à 10,5 GW à la fin de 2007.⁹ (Voir schéma 6, page 11.)

Le marché du solaire concentré thermodynamique (CSP) a stagné entre le début des années 1990 et la fin de 2004, lorsque les investissements ont repris dans de nouvelles centrales à l'échelle commerciale. Depuis lors, des programmes commerciaux lancés en Israël, au Portugal, en Espagne et aux Etats-Unis ont conduit à un énorme sursaut d'intérêt, d'évolution technologique et d'investissements. Trois centrales ont été achevées en 2006/2007: une centrale solaire à concentration parabolique de 64 MW au Nevada, une centrale solaire à concentration de 1 MW en Arizona et une centrale à récepteur central de 11 MW en Espagne. En

Schéma 7. Capacités en énergies renouvelables. pays en développement, UE et six premiers pays, 2006

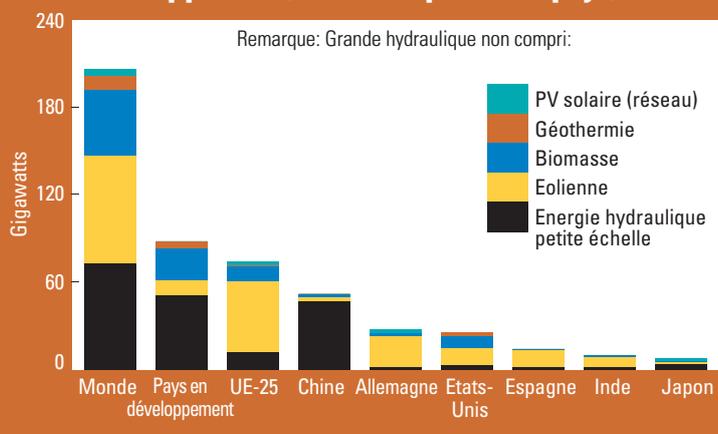
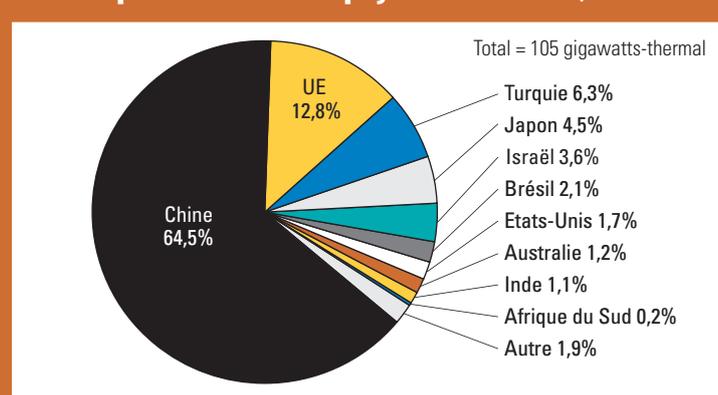


Schéma 8. Part d'eau chaude/chauffage solaires, capacité existante pays sélectionnés, 2006



2007, on comptait plus de 20 nouveaux projets de CSP dans le monde: en construction, en phase de programmation ou au stade des études de faisabilité. En Espagne, trois centrales solaires à concentration de 50 MW étaient en construction à la fin de 2007 et 10 autres centrales de 50 MW étaient programmées. Aux Etats-Unis, des entreprises de service public de Californie et de Floride ont annoncé des programmes ou des contrats portant sur au moins huit nouveaux projets, totalisant plus de 2000 MW. Dans les pays en développement, trois projets de la Banque mondiale sur des centrales électriques intégrées CSP/turbine à gaz à cycle combiné en Egypte, au Mexique et au Maroc ont été approuvés en 2006/2007, avec chacun une composante de CSP de 20-30 MW, et d'autres projets étaient envisagés ou en cours d'élaboration en Algérie, en Chine, en Inde et en Afrique du Sud. Toute cette activité a également relancé la fabrication liée au CSP (voir la section sur les tendances dans le secteur de l'industrie, page 18).¹⁰

Au total, la puissance électrique renouvelable existante a atteint environ 207 GW dans le monde en 2006, soit une hausse de 14 % par rapport à 2005, en ne tenant pas compte de l'énergie hydraulique à grande échelle (voir schéma 7 et tableau R4, page 39). L'énergie hydraulique à petite échelle

Schéma 9. Part d'eau chaude/chauffage solaires, capacité existante, pays sélectionnés, 2006

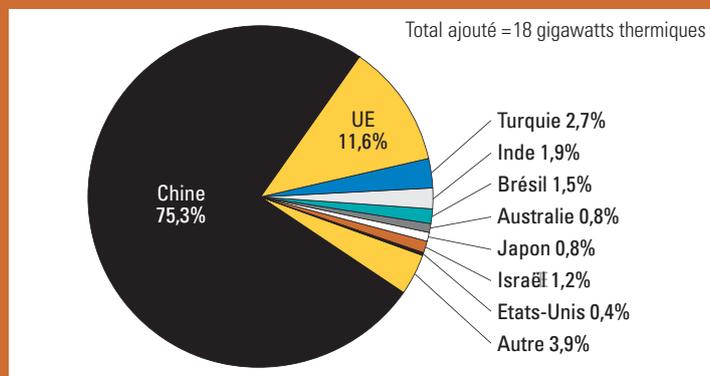
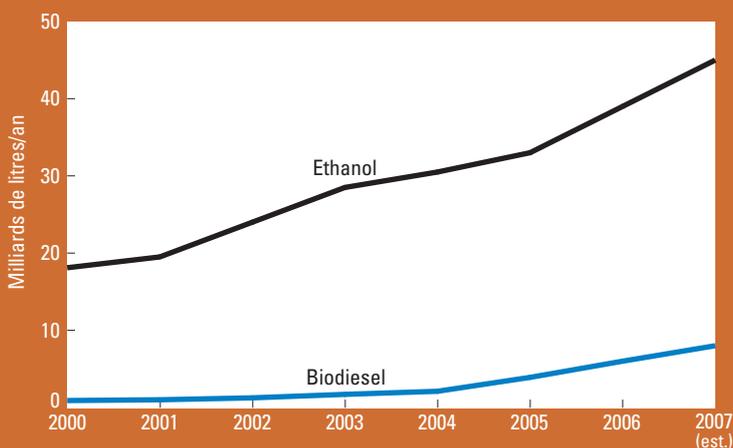


Schéma 10. Production d'éthanol et de biodiesel, 2000-2007



et l'éolienne assurent les trois quarts de la puissance totale. Ces 207 GW représentent environ 5 % des 4300 GW de la puissance installée dans le monde pour l'ensemble de la production d'énergie. Les six premiers pays étaient la Chine (52 GW), l'Allemagne (27 GW), les Etats-Unis (26 GW), l'Espagne (14 GW), l'Inde (10 GW) et le Japon (7 GW). Les pays en développement, Chine comprise, possèdent 88 GW (43 % du total), principalement sous forme de biomasse et d'énergie hydraulique à petite échelle. La puissance mondiale devrait atteindre 240 GW en 2007.¹¹

En ce qui concerne le secteur de l'eau chaude et du chauffage, le chauffage à base de biomasse et les centrales bivalentes fournissent la majorité du chauffage à base d'énergies renouvelables dans le monde. Les technologies en matière d'eau chaude solaire se répandent également et contribuent de manière significative à l'approvisionnement en eau chaude en Chine, en Israël, au Japon, en Turquie et dans plusieurs pays de l'UE, ainsi que dans des pays plus petits, comme la Barbade. Des douzaines d'autres pays ont des

marchés émergents, dont le Brésil, l'Egypte, l'Inde, la Jordanie, le Maroc et la Tunisie. Avec de nouvelles politiques, ces marchés sont appelés à augmenter rapidement dans les années à venir (voir la section sur le paysage stratégique, page 21). La capacité en eau chaude solaire existante s'est accrue de 19% en 2006, pour atteindre 105 gigawatts thermiques (GWth) à l'échelle mondiale, sans tenir compte du chauffage des piscines à l'aide de capteurs non-couverts. (Voir le schéma 8, page 12, et le tableau R5, page 40). La totalité des 75% de la puissance mondiale additionnelle en 2006 a été produite par la Chine, qui a connu une augmentation du volume des ventes annuelles de 35%, pour atteindre 14 Gwh (20 millions de mètres carrés). (Voir schéma 9). Les installations annuelles d'eau chaude solaire en Europe ont connu une hausse de 50 % en 2006, dépassant les 2 Gwth, principalement en Autriche, en France, en Allemagne, en Grèce, en Italie et en Espagne. Même si, dans le passé, l'eau chaude solaire a surtout concerné le marché résidentiel, la croissance des marchés commerciaux et industriels représente une tendance nette, en partie du fait de nouvelles politiques et obligations contraignantes. La puissance mondiale devait atteindre 125-128 Gwth en 2007.¹²

Le chauffage par convection et la climatisation solaire se développent aussi dans quelques pays. En Autriche, en Allemagne et en Suède, plus de 50 % de la surface de captation installée chaque année est destinée à des systèmes combinés d'eau chaude et de chauffage par convection. En Chine, moins de 5 % des systèmes fournissent du chauffage par convection en plus de l'eau chaude.

En 2006/2007, la climatisation solaire a suscité un intérêt croissant pour différents bâtiments commerciaux et industriels; plusieurs dizaines de systèmes à grande échelle (par exemple, entre 100 et 500 mètres carrés) sont entrés en service en Europe, principalement en Allemagne.¹³

Des installations de chauffage géothermiques (y compris des pompes à chaleur au niveau des bâtiments) existent aujourd'hui dans 76 pays au moins. Dans les pays industrialisés, la majorité de la capacité énergétique géothermique se trouve en Italie, au Japon, en Nouvelle-Zélande et aux Etats-Unis. Plusieurs pays ont entamé la construction de centrales électriques. L'utilisation de la géothermie à chauffage direct se développe bien plus vite que l'énergie géothermique, avec récemment des taux de croissance compris entre 30 et 40% par an. L'Islande est le premier pays au monde en terme de chauffage direct; environ 85% de ses besoins en chauffage par convection sont assurés par la géothermie. Environ la moitié de la capacité géothermique existante prend la forme de pompes à chaleur (également appelées pompes à chaleur géothermiques), utilisées à la fois pour le chauffage et la cli-

* L'étude des nombreuses évaluations dont les biocarburants ont fait l'objet dépasse la portée du présent rapport, mais un nombre croissant de celles-ci aborde les questions environnementales et sociales liées aux biocarburants, telles que l'utilisation des terres et la déforestation, l'utilisation de l'eau, le bilan énergétique net et le bilan du carbone, ainsi que l'impact sur les marchés alimentaires, qui peuvent varier de manière importante d'un pays à l'autre [voir Worldwatch (2006) et Kammen et autres (2007)].

Tableau 1: Statut des technologies d'énergies renouvelables - caractéristiques et coûts

Technologie	Caractéristiques Typiques	Coûts Énergétiques Typiques (USA cents/kWh)
Production d'électricité		
Grande hydro	Centrale de taille: 10 (MW)–18 000 MW	3–4
Petite hydro	Centrale de taille: 1–10 MW	4–7
Eolien terrestre	Turbine de taille: 1–3 MW Diamètre pales: 60–100 mètres	5–8
Eolien maritime	Taille Turbine: 1,5–5 MW Diamètre pales: 70–125 mètres	8–12
Puissance Biomasse	Centrale de taille: 1–20 MW	5–12
Puissance Géothermique	Centrale de taille: 1–100 MW Types: binaire, simple- et double - flash, vapeur normale	4–7
Solaire PV (module)	Type de cellules et efficacité: simple-cristal 17%; polycristallin 15%; silicone amorphe 10%; couche mince 9-12%	—
Toit solaire PV	Capacité maximale : 2–5 kWp	20–80*
Concentration de l'énergie thermique solaire (CSP)	Centrale de taille: 50–500 MW (through), 10-20 MW (tour), Types: tour, plat, cuvette	12–18 (cuvette)
Eau chaude /chauffage		
Chaleur de biomasse	Centrale de taille: 1–20 MW	1–6
Eau chaude / chauffage solaire	Taille: 2–5 m2 (ménage); 20-200 m2 (médium/plusieurs familles) ; 0,5-2 MWth (grand/chauffage urbain) ; Types: tube d'évacuation/collecteur-plat	2–20 (ménage) 1-15 (medium) 1-8 (grand)
Chauffage/ refroidissement Géothermique	Centrale de capacité: 1–10 MW; Types: pompes à chaleur, utilisation directe, refroidisseurs	0,5–2
Biocarburants		
Ethanol	Matières de base: canne à sucre, betteraves à sucre, maïs, manioc, sorgho, blé (et cellulose à l'avenir)	25–30 cents/liter (sucre) 40–50 cents/liter (maïs) (équivalent de l'essence)
Biodiesel	Matières de base: soja, graine de colza, graine de moutarde, palmier à huile, jatropha ou huiles végétales de rebut	40–80 cents/liter (équivalent de diesel)
Energie Rurale (hors réseau)		
Mini-hydro	Capacité d'installation : 100–1.000 kW	5–10
Micro-hydro	Capacité d'installation : 1–100 kW	7–20
Pico-hydro	Capacité d'installation : 0,1–1 kW	20–40
Digesteur Biogaz	Taille digesteur: 6–8 m3	n/a
Générateur à gaz de biomasse	Taille: 20–5000 kW	8–12
Petite turbine éolienne	Taille turbine : 3–100 kW	15–25
Turbine éolienne domestique	Taille turbine : 0,1–3 kW	15–35
Mini réseau à l'échelle du village	Taille Système: 10–1000 kW	25–100
Système solaire domestique	Taille Système: 20–100 W	40–60

Note: Les coûts évoqués sont des coûts économiques et ne prennent pas en compte les subventions ou politiques incitatives. Les coûts énergétiques typiques sont en dessous de ceux des conditions idéales incluant la conception du système, l'installation et les ressources disponibles. Les conditions optimales peuvent rendre les coûts plus faibles et celles moins favorables rendraient les coûts substantiellement élevés. Les coûts des systèmes de mini réseau hybrides employant des énergies renouvelables dépendent fortement de la taille du système, sa localisation et les autres éléments tels que le diesel de renfort et les batteries de stockage. (*) Coûts typiques de 20-40 cents/kWh dans les faibles altitudes avec un ensoleillement de 2500 kWh/m²/an; 30-50 cents/kWh pour 1500 kWh/m²/an (typiquement en Europe du Sud), et 50-80 cents pour 1000 kWh/m²/an (Hautes altitudes). (†) Coûts des Costs for trough plants; diminution du prix avec l'accroissement de la taille du système. Source: Voir la note de fin 18.

matiation. Plus de 2 millions de pompes à chaleur géothermiques sont utilisées dans le monde.¹⁴

En ce qui concerne le secteur des carburants pour les transports, la production de carburant à l'éthanol pour véhicule a atteint 39 milliards de litres en 2006, soit une augmentation de 18% par rapport à 2005 (voir schéma 10, page 13, et tableau R6, page 40). Cette hausse de production a essentiellement eu lieu aux Etats-Unis, avec des hausses significatives également au Brésil, en France, en Allemagne et en Espagne. Les Etats-Unis sont devenus le premier producteur d'éthanol en 2006, avec une production supérieure à plus de 18 milliards de litres, détrônant ainsi le Brésil qui détenait la première place depuis longtemps. La production des Etats-Unis s'est accrue de 20 % tandis que des dizaines de nouvelles usines de production étaient mises en service. La production d'éthanol aux Etats-Unis n'a néanmoins pas réussi à satisfaire la demande en 2006 et les importations d'éthanol ont été multipliées par six, avec quelque 2,3 milliards de litres importés cette année-là. En 2007, la plupart de l'essence vendue dans le pays était mélangée à une certaine proportion d'éthanol pour remplacer, en tant qu'oxygénateur, le composant chimique méthyl-tert-butyléther (MTBE), interdit dans de plus en plus d'Etats en raison de préoccupations liées à l'environnement (même si les biocarburants font eux aussi l'objet de préoccupations liées à l'environnement*).¹⁵

La production brésilienne d'éthanol s'est accrue de presque 18 milliards de litres en 2006, ce qui représente quasiment la moitié du total mondial. Toutes les pompes à essence vendent à la fois de l'éthanol pur et de l'essence-alcool, mélange comprenant 25 % d'éthanol et 75% d'essence. La demande de carburants à l'éthanol, par rapport à l'essence, a été très forte en 2007, du fait de l'introduction, ces dernières années, d'automobiles dites « à carburant mixte » par les constructeurs automobiles au Brésil. Ce type d'automobile fonctionne indifféremment avec l'un des deux mélanges et a été largement adopté par les conducteurs, atteignant une part de 85% de toutes les ventes d'automobiles au Brésil. Ces dernières années, un marché mondial significatif du carburant à l'éthanol s'est développé, le Brésil étant le principal exportateur. Parmi les autres pays producteurs d'éthanol, on peut citer l'Australie, le Canada, la Chine, la Colombie, la République dominicaine, la France, l'Allemagne, l'Inde, la Jamaïque, le Malawi, la Pologne, l'Afrique du Sud, l'Espagne, la Suède, la Thaïlande et la Zambie.¹⁶

La production de biodiesel a augmenté de 50% en 2006, dépassant 6 milliards de litres à l'échelle mondiale. La

moitié de la production mondiale de biodiesel est restée le fait de l'Allemagne. Des augmentations significatives de production ont aussi été enregistrées en Italie et aux Etats-Unis (où la production a plus que triplé). En Europe, soutenu par de nouvelles politiques, le biodiesel a commencé à se faire plus largement accepter et a gagné des parts de marché.

Une expansion agressive de la production de biodiesel a également été enregistrée en Asie du sud-est (Malaisie, Indonésie, Singapour et Chine), en Amérique latine (Argentine et Brésil) et en Europe du sud-est (Roumanie et République de Serbie). La Malaisie ambitionne de conquérir 10% du marché mondial du biodiesel d'ici à 2010, grâce à ses plantations d'huile de palme. L'Indonésie a aussi prévu d'étendre ses plantations d'huile de palme de 1,5 millions d'hectares d'ici à 2008, pour atteindre un total de 7 millions d'hectares, dans le cadre d'un programme d'expansion des biocarburants qui inclut 100 millions de \$ de subventions pour l'huile de palme et les autres agro-carburants, tels que le soja et le maïs.* Les autres producteurs de biodiesel incluent l'Autriche, la Belgique, la République tchèque, le Danemark, la France et le Royaume-Uni.¹⁷

Les caractéristiques et les coûts des applications les plus répandues en matière d'énergies renouvelables figurent dans le tableau 1. La plupart de ces coûts restent supérieurs à ceux des technologies énergétiques classiques (en général, les coûts de production d'électricité en gros à partir de combustibles classiques sont de l'ordre de 4-8% par kilowatt-heure (kWh) pour une nouvelle centrale de base, mais peuvent être plus élevés pour un groupe électrogène de pointe, voire plus encore pour des générateurs au diesel hors réseau). Les coûts plus élevés et les autres obstacles commerciaux font que la plupart des énergies renouvelables continuent d'avoir besoin de mesures de soutien. Néanmoins, la compétitivité économique n'est pas statique. Les coûts de nombreuses technologies en matière d'énergies renouvelables ont connu des baisses significatives avec les améliorations technologiques et la maturité des marchés (même s'il existe des facteurs liés au marché monétaire ayant entravé certaines baisses; voir la section sur les tendances du secteur industriel, page 18). Pendant ce temps, certains coûts liés à des technologies classiques enregistrent une baisse (par exemple avec les améliorations de la technologie des turbines à gaz), tandis que d'autres augmentent, du fait de la hausse des coûts des combustibles et d'obligations d'ordre environnemental, entre autres facteurs. La future compétitivité des coûts est aussi liée à l'incertitude quant à l'évolution des prix des combustibles fossiles et aux futures politiques en matière de carbone.¹⁸

* Toutes les indications de dollars et de cents figurant dans le présent rapport s'entendent en dollars US, sauf mention spécifique.

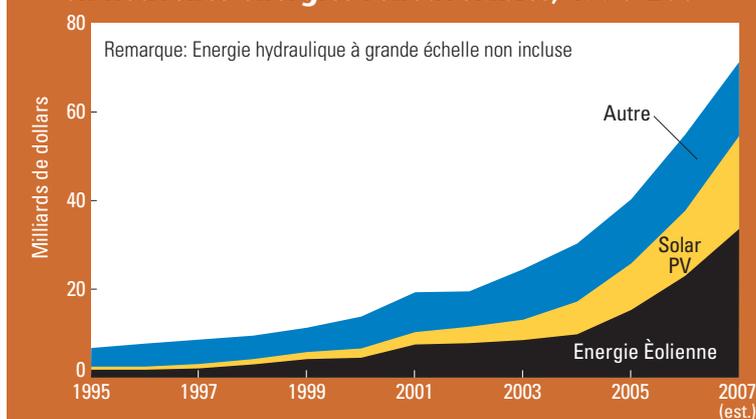
2. FLUX D'INVESTISSEMENTS

En 2007, soixante et onze milliards de \$ auraient été investis dans de nouvelles capacités de production des énergies renouvelables à travers le monde, contre 55 milliards de \$ en 2006 et 40 milliards de \$ en 2005 (voir schéma 11). La quasi totalité de cette augmentation a résulté d'investissements accrus dans l'énergie photovoltaïque solaire et dans l'énergie éolienne. Sur cet investissement annuel de 71 milliards de \$, les parts des différentes technologies ont été les suivantes: éolienne (47%), PV solaire (30 %) et eau chaude solaire (9%), suivies, dans de plus faibles proportions, de l'énergie hydraulique à petite échelle, de l'énergie et de la chaleur à base de biomasse et de l'énergie et de la chaleur géothermiques. Pour la première fois depuis 1990, la capacité de production du solaire concentré thermodynamique a fait l'objet d'investissements importants, d'un montant de 0,25 milliard de \$. Entre 15 et 20 milliards de \$ supplémentaires continuent d'être investis chaque année dans l'énergie hydraulique à grande échelle. Les pays ayant le plus investi annuellement dans les énergies renouvelables sont: l'Allemagne, la Chine, les Etats-Unis, l'Espagne, le Japon et l'Inde. En Allemagne, les investissements ont dépassé les 14 milliards de \$ en 2007, principalement dans l'énergie éolienne et le PV solaire, la Chine ayant pour sa part investi 12 milliards de \$, en majorité dans l'énergie hydraulique à petite échelle, l'eau chaude solaire et l'énergie éolienne. Les Etats-Unis sont arrivés en troisième position, avec plus de 10 milliards de \$ d'investissements.^{*19}

Outre les investissements dans les capacités de production des énergies renouvelables, d'importants investissements ont été réalisés, en 2006/2007, dans de nouveaux sites industriels et dans de nouveaux équipements liés au PV solaire et aux biocarburants. Les investissements dans les installations et les équipements de PV solaire devaient atteindre 10 milliards de \$ en 2007, contre 8 milliards de \$ en 2006. Les investissements dans de nouvelles capacités de production des biocarburants se sont également accrus rapidement dans le monde et devaient dépasser 4 milliards de \$ en 2007. La valeur des usines de production de biocarburants en construction et des programmes de construction annoncés pour 2009 a été supérieure à 4 milliards de \$ aux Etats-Unis, 4 milliards de \$ au Brésil et 2 milliards de \$ en France.²⁰

Si l'on tient compte des investissements dans la capacité de production supplémentaire des énergies renouvelables (hors énergie hydraulique à grande échelle), de la nouvelle capacité de fabrication et des dépenses en recherche et développement (estimées à plus de 16 milliards de \$ en 2006, à partir de sources publiques et privées), il ne fait

Schéma 11. Investissements annuels dans la capacité en nouvelles énergies renouvelables, 1995-2007



aucun doute que plus de 100 milliards de \$ ont été investis dans les énergies renouvelables en 2007, ce qui représente une étape décisive à l'échelle planétaire (d'autres analyses récentes des investissements dans les énergies renouvelables ont également souligné ce tournant; voir note de fin 21). Si la plupart de ces investissements ont lieu en Europe, en Chine et aux Etats-Unis, les marchés émergents, en particulier le Brésil et l'Inde, contribuent de plus en plus aux investissements en termes de nouvelle capacité de production, d'installations de fabrication et de R&D.²¹

Les sources de financement et d'investissement en faveur des énergies renouvelables proviennent aujourd'hui d'un ensemble varié d'organismes privés et publics. Eu égard aux sources privées, l'investissement général tout comme l'investissement en capital risque continue d'augmenter, pour les technologies avérées aussi bien que pour les technologies en développement. Les principaux investisseurs institutionnels et les banques mondiales octroient déjà depuis plusieurs années des prêts en faveur des énergies renouvelables. Et de plus en plus de banques prêtent aux particuliers, comme ces organismes financiers de l'Ontario, au Canada, qui se sont lancés dans le développement de nouveaux produits, tels que les "crédits hypothécaires verts" et des prêts spécialement destinés aux énergies renouvelables dans les habitations et les petites entreprises. La société nord-américaine Clean Edge déclare à propos des investissements dans les énergies propres en 2007: "Nous avons atteint le stade où la croissance stable et rapide des énergies propres fait partie de l'histoire ancienne. Chaque année qui passe s'accompagne d'un seuil de réussite encore supérieur/plus élevé. Tel semble être l'avenir des énergies propres: des investissements d'entreprises sans précédent et l'émergence, de temps à autre, d'acteurs nouveaux et parfois surprenants."²²

* La présente section n'aborde pas les subventions ni les autres formes d'aide publique en faveur des énergies renouvelables, qu'elles soient directes (budgétaires) ou indirectes (telles que les coûts additionnels des tarifs de rachat). Il n'existe pas de données mondiales sur les subventions, ni sur les coûts des tarifs de rachat. Le chiffre de 10 milliards de \$ a été cité dans l'édition de 2005 du rapport eu égard au soutien combiné en Europe et aux Etats-Unis, même si les subventions accordées aux biocarburants ont beaucoup augmenté depuis lors. Koplou (2007) avance un chiffre plus près de 20-30 milliards à l'échelle mondiale, selon ce qui entre dans la catégorie "subventions".

Le financement des énergies renouvelables par le biais de capital risque a connu un essor spectaculaire en 2006/2007, notamment en ce qui concerne le PV solaire et les biocarburants, dépassant les 3 milliards de \$ à travers le monde en 2006. Les montants individuels de capital risque dépassent aujourd'hui la barre des 100 millions de \$, que ce soit sous forme d'étapes de financements uniques ou répartis sur toute la période du développement technologique. Les Etats-Unis occupent la première place des investissements de capital risque, avec plus de 60 % du capital risque mondial investi dans les énergies propres en 2006, dont 800 millions de \$ auraient été consacrés aux seuls biocarburants, en majorité pour développer et commercialiser des technologies visant à transformer la cellulose en éthanol.²³

Les flux de financement multilatéraux, bilatéraux et les autres types de financement public en faveur des énergies renouvelables dans les pays en développement (aide publique au développement) ont connu une hausse significative au cours de la période 2005-2007, dépassant 600-700 milliards de \$ par an. Outre les investissements dans les infrastructures, une part importante de ces fonds soutient la formation, l'élaboration de politiques, la facilitation commerciale, l'assistance technique et les autres besoins hors investissement. Les trois principales sources de ces fonds ont été la KfW Entwicklungsbank (banque de développement) allemande, le groupe de la Banque mondiale et le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM). En 2007, la KfW a consacré 210 millions d'euros (300 millions de \$) aux énergies renouvelables dans les pays en développement, sous forme de fonds budgétaires publics et de fonds distincts provenant des marchés financiers.* Le "Dispositif spécial en faveur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique" de la KfW, créé en 2005 afin de proposer des prêts concessionnels dans le cadre de la coopération allemande au développement, a été étendu en 2007 pour fournir un total de 1,3 milliards d'euros (1,8 milliards de \$) pour la période 2005-2011 (à l'origine, le financement prévu était de 500 millions d'euros, soit 700 millions de \$, pour la période 2005-2009).²⁴

Pour l'année fiscale 2007, le groupe de la Banque mondiale a consacré 220 millions de \$ sur ses fonds propres aux nouvelles énergies renouvelables, sans compter les 690 millions de \$ alloués à l'énergie hydraulique à grande échelle. Il a aussi consacré 130 millions de \$ supplémentaires au cofinancement avec le FEM. L'engagement total de la Banque mondiale en faveur des énergies renouvelables pour l'année fiscale 2007 s'est élevé à 1,2 milliards de \$ (financement du carbone inclus), soit presque le double des montants moyens pour les deux années fiscales précédentes. Le financement de la Banque mondiale devrait continuer d'augmenter au cours de l'année fiscale 2009, conformément à l'engagement pris en 2004 par la Banque à Bonn, en Allemagne, d'accroître son soutien aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique de 20 % par an au cours de la période fiscale 2005-2009 (en réalité, à la mi-2007, terme de l'année fiscale 2007, l'objectif cumulatif pour 2009 était presque totalement atteint). Le cofinancement avec le secteur privé a également augmenté de manière significative

par le biais de la Société financière internationale du groupe de la Banque mondiale. Ces dernières années, le FEM a alloué, au cours de chaque année civile, 100 millions de \$ en moyenne au cofinancement de projets sur les énergies renouvelables mis en œuvre par la Banque mondiale, le Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et plusieurs autres agences. Le cofinancement indirect ou en association avec le secteur privé est souvent plusieurs fois supérieur au financement direct provenant de ces agences, dans la mesure où de nombreux projets catalysent des investissements privés. Les gouvernements des pays bénéficiaires contribuent également au cofinancement.²⁵

Parmi les autres sources de financement public, on trouve les agences d'aide bilatérale, les agences des Nations Unies et les contributions des gouvernements des pays bénéficiaires des projets d'aide au développement. Plusieurs agences et gouvernements accordent une aide en faveur des nouvelles énergies renouvelables de l'ordre de (généralement) 5-25 millions de \$ par an, notamment la Banque asiatique de développement (BAD), la Banque européenne pour la reconstruction et le développement (BERD), la Banque interaméricaine de développement (BID), le PNUD, le PNUE, l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), le Danemark (Danida), la France (Ademe et FFEM), l'Allemagne (GTZ), l'Italie, le Japon (JBIC) et la Suède (ASDI). Les autres bailleurs de fonds qui proposent une assistance technique et un financement sur une base annuelle incluent l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'Australie (AusAid), le Canada (ACDI), les Pays-Bas (Novem), la Suisse (SDC) et le Royaume-Uni (DFID). Certains de ces donateurs créent, à des fins spécifiques, des fonds d'investissement et des ouvertures de crédits pour l'octroi de prêts qui associent un financement privé additionnel.²⁶

Dans les pays en développement, le financement en faveur des énergies renouvelables a augmenté avec la participation de nombreuses banques nationales publiques et privées, de fonds publics et d'organismes de micro-crédit rural. L'Agence indienne pour le développement des énergies renouvelables (IREDA) constitue un bon exemple de source publique nationale de fonds. Le programme brésilien PROINFA, lancé en 2002, a enregistré l'arrivée d'investissements très importants au cours de la période 2006/2007, principalement en provenance de banques nationales. A travers l'ensemble des Caraïbes et de l'Amérique latine, par exemple en Jamaïque et au Costa Rica, de nouveaux projets d'éoliennes font l'objet d'un financement privé. La Thaïlande finance les petits producteurs d'énergie à l'aide de fonds publics, avec l'installation, à la mi-2006, d'une capacité de production d'énergies renouvelables supérieure à 1500 MW, principalement sous forme de projets sur la biomasse et le biogaz (capacité de production moyenne d'environ 20 MW). Ces dernières années, les exemples de micro-crédit rural à travers l'Asie et l'Afrique se sont multipliés, avec des initiatives connues, publiques comme privées, en Inde, au Sri Lanka, au Bangladesh, en Ouganda et ailleurs.²⁷

* Tous les montants exprimés en euros dans le présent rapport sont convertis en dollars US à un taux de change de 1,40 \$.

3. TENDANCES INDUSTRIELLES

Les années 2006 et 2007 ont vu les investisseurs du monde entier s'intéresser de beaucoup plus près à l'industrie des énergies renouvelables. Cet intérêt s'est traduit par une augmentation de la capitalisation boursière des entreprises de ce secteur et par une expansion industrielle plus agressive. A la mi-2007, à l'échelle mondiale, au moins 140 entreprises cotées en bourse, opérant dans le domaine des énergies renouvelables (ou divisions des énergies renouvelables des grandes entreprises) affichaient chacune une capitalisation boursière supérieure à 40 millions de \$. Le nombre d'entreprises appartenant à cette catégorie a considérablement augmenté, sachant qu'elles étaient environ 85 à la mi-2006. La capitalisation boursière totale de ces entreprises et divisions, à la mi-2007, aurait dépassé 100 milliards de \$. Des douzaines d'autres entreprises semblaient prêtes à s'introduire en bourse et/ou à atteindre le seuil de capitalisation/valeur marchande de 40 millions d'euros, tandis que les premiers appels publics à l'épargne (PAPE) et les investissements se poursuivaient de manière dynamique au cours de 2007.²⁸

En 2006/2007, plusieurs entreprises d'énergies renouvelables ont organisé des PAPE très médiatisés, générant une capitalisation boursière dépassant ou avoisinant 1 milliard de \$. Cela concerne les entreprises de PV solaire First Solar (Etats-Unis), Trina Solar (Etats-Unis), Centrosolar (Allemagne) et Renesola (Royaume-Uni.), la compagnie d'énergie éolienne Iberdrola (Espagne) et les producteurs de biocarburants des Etats-Unis VeraSun Energy, Aventine et Pacific Ethanol. Un certain climat d'exagération a semblé régner, dans certains cas du moins, notamment dans celui de Pacific Ethanol, dont la capitalisation actuelle de 600 millions de \$ fait suite à des pertes nettes s'élevant à 10 millions de \$ en 2005. First Solar a fait l'objet du PAPE le plus important, avec une valeur boursière dépassant 4 milliards de \$ en 2007. Plusieurs entreprises chinoises de PV sont également entrées en bourse en 2006 et au début de 2007. En effet, de nombreux analystes ont considéré 2006 comme étant "l'année des PAPE solaires", dans la mesure où les entreprises de PV solaire ont continué à être majoritaires parmi les 140 identifiées.

Globalement, la croissance de l'industrie à la fin de 2006 et en 2007 a reposé sur un éventail plus large de technologies et d'entreprises, comparé aux quelques offres "à gros budget" ayant dominé 2005 et le début de 2006 (dont certaines ont entraîné une capitalisation supérieure à 5 milliards de \$).²⁹

Au total, les entreprises d'énergie renouvelable ont drainé environ 10 milliards de \$ en 2006 par le biais des Bourses de valeurs, soit presque le double du montant enregistré en 2005. En 2006, plus de 50% du montant total proviennent des marchés européens, les Etats-Unis arrivant en deuxième position avec quelque 3 milliards de \$. Londres a joué un rôle central, dans la mesure où son Alternative Investment Market (AIM) a été le cadre de 17 PAPE et de 14 offres secondaires d'entreprises d'énergie propre et liées au carbone, rapportant plus de 1,6 milliard de \$. Au début de 2007, environ 50 entreprises d'énergie propre étaient présentes sur

l'AIM. Il s'agissait pour la plupart d'entreprises relativement petites, mais dont la capitalisation boursière combinée avoisinait les 8 milliards de \$. Au cours de 2007, les fonds drainés par le biais des Bourses de valeurs avaient de nouveau pratiquement doublé, pour atteindre quelque 17 milliards de \$.³⁰

La période 2006/2007 a vu l'accélération des investissements dans les unités de production d'éoliennes, de composants d'éoliennes, de PV solaire traditionnel, de cellules PV en couche mince (dites micromorphes) et de composants de centrales électriques à base de solaire concentré thermodynamique. Cette accélération a été associée à la poursuite rapide des investissements dans les usines de production de biocarburants traditionnels dans quelques pays et aux premiers investissements commerciaux dans des usines de biocarburants évolués (de deuxième génération) au Canada, en Allemagne, au Japon, aux Pays-Bas, en Suède et aux Etats-Unis.³¹

Le leader mondial d'énergie éolienne était Vestas (Danemark), suivi par Gamesa (Espagne), GE (Etats-Unis), Enercon (Allemagne), Suzlon (Inde), Siemens, Nordex et Repower (Allemagne), Acciona (Espagne) et Goldwind (Chine). Pratiquement tous les principaux fournisseurs d'éoliennes ont augmenté leur capacité de production au cours de 2006/2007. Par ailleurs, de nombreux fournisseurs locaux mettent l'accent sur des composants-clés, tels que les multiplicateurs, les pales, les roulements, les mâts et les pièces moulées. Néanmoins, le secteur continue de rencontrer des problèmes de chaînes d'approvisionnement du fait de l'explosion de la demande, d'où une pression sans précédent sur les fabricants de composants. Deux conséquences ont été observées: l'augmentation du prix et l'allongement du délai de réalisation des éoliennes (qui peut atteindre jusqu'à deux ans). La hausse des prix des matières premières liées à l'acier, au cuivre et à la fibre de carbone a contribué à l'augmentation du prix des éoliennes. Par ailleurs, l'augmentation de la taille des éoliennes, qui atteignent aujourd'hui 2 MW, voire plus, associée à la pression générale dans l'industrie mondiale des machines-outils, a fait qu'il n'a pas été aisé pour les fournisseurs de composants de produire en quantités suffisantes les composants nécessaires à ce nouveau modèle d'éoliennes.³²

L'industrie éolienne a enregistré une multiplication des installations de fabrication aux Etats-Unis, en Inde et en Chine, déplaçant hors d'Europe les centres de fabrication avec la croissance de circuits d'approvisionnement plus localisés. L'Inde exporte des composants et des éoliennes depuis de nombreuses années, et il semblerait que 2006/2007 ait marqué un tournant pour la Chine également, avec l'annonce de contrats d'exportation d'éoliennes et de composants chinois. En Chine, les deux principaux fabricants nationaux étaient Goldwind et Sinovel Wind, avec respectivement 33 et 6% du marché chinois en 2006. En 2007, on comptait plus de 40 entreprises chinoises aspirant à fabriquer des éoliennes à des fins commerciales. Une grande

partie de ces entreprises s'étaient lancée dans le développement et le test de prototypes tandis que d'autres avaient commencé à produire commercialement des éoliennes au cours de 2006/2007. L'expansion de la production devrait se poursuivre à l'échelle mondiale, en particulier sur les marchés émergents. Le Global Wind Energy Council a souligné, au début de 2007, que "pour les experts, la fin de cet essor n'est pas en vue."³³

L'industrie PV solaire a produit 2,5 GW en 2006, soit une hausse de 40% par rapport aux 1,8 GW de 2005. La production devait atteindre 3,5-3,8 GW en 2007. En 2006, les cinq premiers producteurs mondiaux étaient: Sharp (Japon), Q-cells (Allemagne), Kyocera (Japon), Suntech (Chine) et Sanyo (Japon). Ces derniers ont assuré à eux seuls près de la moitié de la production mondiale. La première entreprise américaine, First Solar, arrivait en 13^{ème} position sur l'échelle mondiale. Les investissements dans de nouvelles installations de fabrication de PV solaire ont été importants en Europe, au Japon, en Chine, au Taipei chinois et aux Etats-Unis, avec nombre de nouvelles opérations enregistrées. Il convient de remarquer que, pour la première fois en 2006, la production de la Chinoise (370 MW) a nettement dépassé celle des Etats-Unis (200 MW). Le Taipei chinois se rapprochait aussi rapidement de la production américaine, avec 180 MW produits en 2006, soit le double du niveau enregistré en 2005. Un certain nombre d'entreprises ont annoncé leur intention d'augmenter la production, par le biais d'usines de production "géantes" de 1000 MW.³⁴

L'industrie du PV solaire a également connu un essor des installations de production de silicium à travers le monde suite à la pénurie de silicium de ces dernières années. Les fabricants de PV solaire ont signé des contrats à long terme pour assurer une offre croissante et les fabricants de silicium annoncent régulièrement des projets de construction de nouvelles usines. A la fin de 2007, plus de 70 installations de fabrication de silicium étaient en construction ou programmées.

Les cellules PV micromorphes représentent encore une faible part de la production mondiale de PV solaire, environ 6 à 8% en 2006. Toutefois, depuis 2006/2007, les cellules micromorphes font véritablement partie des technologies "dominantes", cela vient en partie du fait de leur maturité de fabrication et de la baisse de leurs coûts de production, et en partie du fait de la quantité inférieure de silicium nécessaire comme produit de départ (elles requièrent cent fois moins de silicium que les cellules traditionnelles). Au-delà des Etats-Unis et de l'Europe, au moins une douzaine de fabricants en Chine, au Taipei chinois, en Inde, au Japon et en Afrique du Sud envisagent d'étendre la production de cellules micromorphes dans un avenir proche. Fin 2007, la compagnie japonaise Sharp a annoncé des programmes visant à achever, d'ici à 2010, une nouvelle installation de production de cellules micromorphes d'1 GW, ce qui fera passer sa production totale de cellules micromorphes à 1,2 GW. Fin 2007, la Sarasin Bank a annoncé: "Nous avons assisté ces derniers mois à une forte augmentation aussi bien des activités nouvelles que des activités existantes dans ce secteur. Il existe aujourd'hui plus de 80 entreprises dont l'activité est liée à la technologie des cellules micromorphes."³⁵

L'industrie du biodiesel a ouvert plusieurs nouvelles installations de production au cours de 2006/2007 et a poursuivi ses programmes d'expansion agressive dans certains pays. De nouvelles capacités de production de biodiesel sont apparues à travers toute l'Europe, notamment en Belgique, en République Tchèque, en France, en Allemagne, en Italie, en Pologne, au Portugal, en Espagne, en Suède et au Royaume-Uni avec une augmentation en cours aux Pays-Bas. La capacité de production totale de biodiesel en Europe s'est accrue pour atteindre près de 7 milliards de litres par an à la fin de 2006, contre 4,5 milliards de litres par an en 2005. Parmi les pays en développement, l'Argentine possédait huit entreprises dotées d'une capacité de production de 0,7 milliards de litres par an en 2007 et prévoyait de doubler cette capacité d'ici à 2008. L'Argentine est également devenue un exportateur important de biodiesel, avec l'expédition, en 2007, de pratiquement 400 millions de litres. Le Brésil a enregistré un regain d'investissements en 2007 pour faire face à l'obligation de mélange B2 (2%) débutant en 2008 (voir la section 'Politiques d'accompagnement', page 21). En Afrique du Sud, la première usine de biodiesel commercial a commencé la production en 2007, en utilisant de l'huile de tournesol comme matière première de procédé. En outre, de nombreux projets portant sur de nouvelles usines et/ou sur l'expansion des plantations d'huile de palme et de jatropha ont été annoncés dans plusieurs pays au cours de 2006/2007, dont le Brésil, la Bulgarie, l'Inde, l'Indonésie, la Malaisie, les Philippines et Singapour (même si l'expansion des plantations d'huile de palme pour alimenter les marchés du biodiesel dans certaines régions, suscitait des inquiétudes d'ordre environnemental et social).³⁶

En ce qui concerne l'industrie de l'éthanol, les Etats-Unis occupent une place prépondérante dans le monde, avec 130 usines d'éthanol en activité et une capacité de production de 26 milliards de litres par an en 2007, soit une hausse de 60% par rapport à 2005. 84 autres usines étaient en construction ou en expansion, qui, une fois achevées, doubleraient presque la capacité de production. Le Brésil a poursuivi ses projets d'expansion de l'éthanol, commencés en 2005, qui permettraient de doubler la production grâce à l'adjonction de 22 milliards de litres par an en nouvelles plantations de canne à sucre et en capacité de production d'éthanol d'ici à 2012. L'ensemble des investissements nécessaires au Brésil durant la période 2006-2012 pourrait dépasser 15 milliards de \$. La majorité de l'expansion des plantations de canne à sucre et des usines d'éthanol est financée par des fonds publics nationaux, même si une part de plus en plus importante provient d'investisseurs étrangers. L'Espagne possédait 16 installations de production de biocarburants en activité à la fin de 2006, bien que le plus gros de la production ait été exporté.³⁷

Le début des véritables investissements commerciaux dans les biocarburants de deuxième génération a constitué un autre tournant en 2006/2007. La plupart de ces investissements ne se limitait pas aux installations pilotes. Le soutien public lié aux investissements privés a été un facteur important. Le Canada a créé un fonds de 500 millions de \$ CAN (500 millions de \$) afin d'investir dans des entreprises

privées développant des installations à grande échelle pour produire à la fois de l'éthanol et du biodiesel à partir de cellulose. En 2006, le Japon a consacré 15 milliards de yens (130 millions de \$) à la R&D, à des projets pilotes et au soutien du marché. Au début de 2007, les Etats-Unis ont annoncé qu'ils investiraient jusqu'à 390 millions de \$ dans six usines de production d'éthanol cellulosique dans les quatre années à venir, avec une capacité de production totale de 500 millions de litres par an. La première usine au monde produisant commercialement de l'éthanol à base de bois a été mise en service au Japon en 2007, avec une capacité de production de 1,4 millions de litres par an. La première usine produisant de l'éthanol à base de bois aux Etats-Unis devait être achevée d'ici à 2008, avec une production initiale de 75 millions de litres par an. Dans l'Iowa, la construction d'une usine de 200 millions de \$, destinée à digérer la fibre et les chaumes (tiges et feuilles) de maïs devait débuter en 2007, pour s'achever en 2009. En Europe, une société hollandaise construisait une usine de 200 millions de \$ destinée à produire, d'ici à 2008, 200 millions de litres par an à partir de paille de blé et d'autres déchets. De grands investisseurs institutionnels sont entrés en jeu également, comme le montre l'investissement de 30 millions de \$ réalisé par Goldman Sachs dans la Iogen Corporation of Canada.³⁸ L'industrie du solaire concentré thermodynamique (CSP) a achevé une première série de nouvelles constructions au cours de 2006/2007, traduisant un regain d'activité après plus de 15 années d'inactivité commerciale. Plusieurs acteurs de ce secteur ont planifié de nouveaux projets, dont Abengoa Solar, Acciona et Iberdrola

(Espagne), Solar Millennium (Allemagne) et Stirling Energy Systems (Etats-Unis). Solar Millennium a signé un accord avec deux partenaires chinois en vue de développer 200 MW en Mongolie intérieure d'ici à 2012, dans le cadre d'un projet commercial plus vaste, portant sur 1000 MW de CSP en Chine, d'ici à 2020. La filière fabrication de l'industrie des CSP a aussi montré des signes de croissance accrue en 2007, par exemple avec l'annonce par la société Ausra (Etats-Unis) d'une nouvelle usine au Nevada destinée à produire plus de 700 MW de composants liés à l'énergie solaire thermodynamique d'ici à 2008. La société allemande Schott prévoit également de doubler sa capacité de production de collecteurs en 2008 par le biais de nouvelles installations en Espagne et aux Etats-Unis.³⁹

Les exemples commerciaux et les tendances industrielles brièvement abordés dans la présente section ne sont que des échantillons du nombre impressionnant de nouveaux récits liés aux énergies renouvelables qui paraissent actuellement chaque jour. Ils illustrent la manière dont l'industrie des énergies renouvelables continue de se développer et d'évoluer rapidement. Au-delà de l'estimation des entreprises et d'une liste croissante de projets et de partenariats annoncés, l'une des conséquences importantes est la l'augmentation, à l'échelle mondiale, des emplois liés à la production, à l'exploitation et à la maintenance dans le secteur des énergies renouvelables. L'ensemble de ces emplois aurait dépassé 2,4 millions en 2006, dont quelque 1,1 million pour la production de biocarburants. Et leur nombre augmente chaque jour.⁴⁰

4. POLITIQUES D'ACCOMPAGNEMENT

Dans les années 1980 et au début des années 1990, quelques pays avaient déjà mis en oeuvre des politiques visant à promouvoir les énergies renouvelables mais ces politiques ont commencé à se développer dans nombres d'autres pays, Etats, provinces et villes au cours de la période 1998-2007 en particulier durant ces cinq dernières années. Un grand nombre de ces politiques a nettement influé sur le développement des marchés décrits dans les sections précédentes. La présente section couvre d'abord les objectifs stratégiques existants en termes de politiques d'énergies renouvelables, avant d'examiner les politiques visant à promouvoir la production d'énergie renouvelable, l'eau chaude et le chauffage solaires et les biocarburants. Elle se penchera également sur l'achat d'énergie verte et les certificats d'énergie renouvelable ainsi que les politiques mises en oeuvre au niveau municipal.⁴¹

L'analyse des impacts de ces politiques et des leçons que l'on peut en tirer dépasse la portée du présent rapport. Néanmoins, la littérature montre clairement que ces dernières ont eu des effets déterminants sur la rapidité et sur l'étendue du développement des énergies renouvelables, malgré un certain nombre de problèmes de conception et d'exécution. En 2004, dans son ouvrage intitulé *Renewable Energy Market and Policy Trends in IEA Countries*, l'Agence internationale de l'énergie avait constaté qu'une croissance significative du marché avait toujours résulté d'une combinaison de politiques plutôt que de politiques isolées; que la constance et le caractère prévisible du soutien politique étaient importants; que le rôle et l'engagement des autorités locales et provinciales/de l'Etat étaient décisifs, et enfin que les mécanismes d'intervention individuels évoluaient au fur et à mesure que les pays gagnaient en expérience.⁴²

Objectifs politiques pour les énergies renouvelables

Au moins 66 pays à travers le monde ont fixé des objectifs stratégiques en faveur des énergies renouvelables. En 2007, au moins 64 pays avaient un objectif national concernant l'approvisionnement en énergies renouvelables, dont les 27 pays de l'Union européenne (voir tableaux R7-R9, pages 41-43). Outre ces 64 pays, vingt-neuf Etats des Etats-Unis (et le District de Columbia) et 9 provinces canadiennes ont des objectifs reposant sur des normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique ou encore des objectifs stratégiques, même si ni les Etats-Unis ni le Canada n'ont défini d'objec-

Encadré 1: Part des énergies renouvelables (comparaison entre énergie primaire, équivalent d'énergie primaire et énergie finale)

Il existe trois manières de calculer la part des énergies renouvelables dans l'approvisionnement total en énergie. Toutes trois sont valables, mais les différences entre elles portent parfois à confusion et faussent la perception de la contribution relative des différentes sources d'énergie.

La méthode la plus courante, utilisée pour définir la plupart des objectifs stratégiques et établir les données statistiques, est la part d'énergie primaire, reposant sur la méthode de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). La méthode de l'AIE comptabilise l'ensemble des combustibles consommés, ajoutés à la valeur énergétique de l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables, telles que l'énergie hydraulique ou éolienne, ce qui donne un mode de calcul littéral, physique. Cependant, cette méthode pose un problème, du fait des importantes pertes énergétiques inhérentes à toutes les centrales électriques. La méthode de l'AIE compte les entrées dans la centrale électrique pour les combustibles fossiles (ainsi que pour la biomasse et le nucléaire), mais compte les sorties de la centrale électrique pour les énergies éolienne, solaire et hydraulique. Le problème est manifeste si l'on considère que l'énergie hydraulique et nucléaire ont chacune produit la même quantité d'électricité utile dans le monde en 2006. Pourtant, selon la méthode de l'AIE, le nucléaire fournit entre 5 et 6% de l'énergie primaire mondiale, alors que l'énergie hydraulique en fournit un peu plus de 2%.

Pour résoudre ce problème, certains analystes de l'énergie définissent la part d'énergie primaire à partir de la "méthode de substitution" (également appelée méthode BP). En ce qui concerne l'électricité renouvelable, cette méthode compte l'énergie primaire équivalente en combustibles fossiles nécessaires pour produire cette électricité renouvelable. BP emploie cette méthode pour son Bilan statistique annuel de l'énergie mondiale. La méthode BP est également utilisée pour d'autres représentations bien connues du bilan énergétique mondial, telles que le Rapport 2000 sur l'énergie dans le monde du Programme des Nations Unies pour le développement, et les analystes l'emploient depuis au moins une décennie. Si l'on inclut les énergies hydraulique, solaire ou éolienne, la part des énergies renouvelables d'après la méthode BP est nettement plus importante que leur part calculée d'après la méthode de l'AIE.

Afin d'éviter les ambiguïtés inhérentes au calcul de la part d'énergie primaire d'après l'une ou l'autre de ces méthodes, une troisième méthode se développe: le calcul de la part d'énergie finale (énergie finale signifie au point d'utilisation finale, comme l'électricité, la chaleur et les combustibles utilisés directement). Cette méthode comptabilise de manière égale toutes les formes d'électricité, quelle que soit leur origine. La Commission européenne a adopté cette méthode en 2007, lorsqu'elle a fixé l'objectif de l'UE à 20% d'énergies renouvelables d'ici à 2020. Cette méthode pourrait donc être appelée la "méthode de la CE". Le Tableau R7, page 41, montre les parts et les objectifs existants établis d'après les méthodes de la CE et de l'AIE. Pour de plus amples détails, voir la note de fin 45.

tif national. La plupart des objectifs nationaux concernent une part de la production électrique, généralement entre 5 et 30%, même si dans l'ensemble elle peut varier de 2 à 78%. D'autres objectifs portent sur une part de l'approvision-

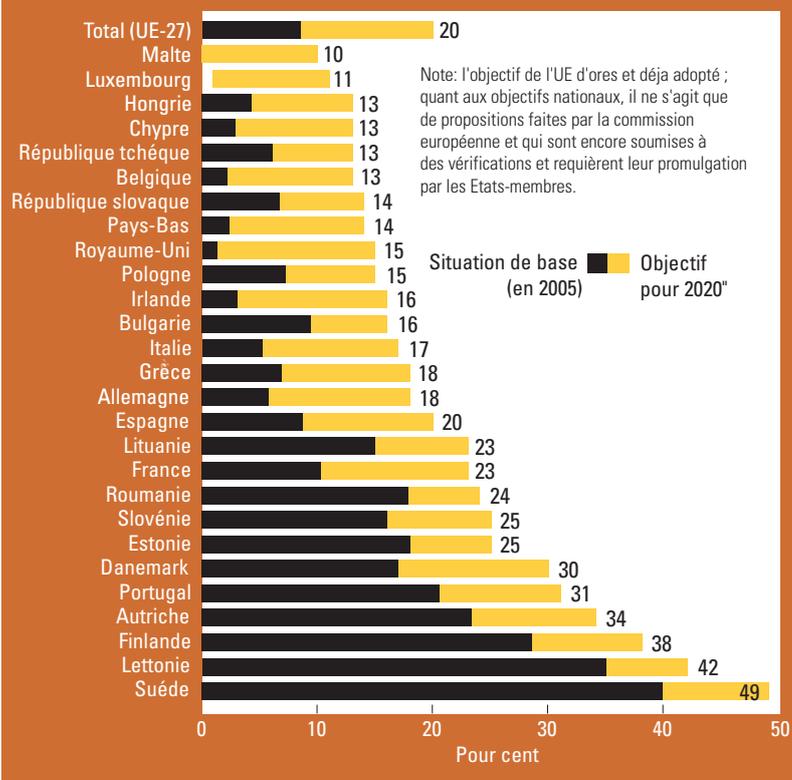
nement total en énergie primaire ou finale, sur une puissance installée spécifique ou sur le volume total de la production énergétique d'origine renouvelable, chaleur comprise (l'encadré 1 propose une explication des objectifs liés à l'énergie finale/primaire). La majorité des objectifs vise l'horizon 2010-2012, même si un nombre croissant d'objectifs cible désormais les horizons 2020 et 2025. Dans de nombreux pays ont également établi des objectifs concernant les biocarburants (voir la section consacrée aux politiques sur les biocarburants, page 28.)^{43, 44, 45}

Au début de 2007, la Commission européenne a fixé de nouveaux objectifs contraignants pour 2020, dont 20% de l'énergie finale et 10% des carburants pour les transports (voir schéma 12, page suivante). Ces nouveaux objectifs prolongent les objectifs existants, à savoir 21% d'électricité et 12% d'énergie primaire d'ici à 2010. D'après la Commission européenne, l'objectif de 20% d'énergie finale pourrait signifier 34% d'électricité d'origine renouvelable, d'ici à 2020. A l'instar des objectifs fixés pour l'électricité, chaque pays devra accepter et adopter ses propres objectifs pour atteindre l'objectif de l'UE de 20% (voir tableau R7, page 41). Certains pays ont déjà pris des mesures individuelles: ainsi, les Pays-Bas avaient déjà adopté un objectif de 20% d'énergie finale d'ici à 2020. L'Allemagne prévoit d'augmenter la part d'électricité jusqu'à 25-30% d'ici à 2020, puis de continuer à l'augmenter avec certaines propositions allant jusqu'à 45% d'ici à 2030.⁴⁶

Parmi les 64 pays ayant fixé des objectifs nationaux, 22 sont des pays en développement: l'Algérie, l'Argentine, le Brésil, la Chine, la République dominicaine, l'Egypte, l'Inde, l'Indonésie, l'Iran, la Jordanie, la Malaisie, le Mali, le Maroc, le Nigéria, le Pakistan, les Philippines, le Sénégal, l'Afrique du Sud, la Syrie, la Thaïlande, la Tunisie et l'Ouganda. Parmi les pays en développement, la Chine s'est nettement distingué en confirmant l'objectif de son programme de développement à long terme en matière d'énergies renouvelables, lancé en 2007. L'objectif national chinois porte sur 15% d'énergie primaire d'ici à 2020, sans compter ses objectifs relatifs aux technologies individuelles, dont 300 GW d'énergie hydraulique, 30 GW d'énergie éolienne, 30 GW de biomasse et 1,8 GW de PV solaire. En atteignant ces objectifs, la Chine triplerait quasiment sa puissance en énergies renouvelables d'ici à 2020.⁴⁷

Outre la Chine, plusieurs autres pays en développement ont adopté ou renforcé leurs objectifs au cours de 2006/2007. L'Argentine a fixé un objectif de 8% d'électricité à partir de sources renouvelables d'ici à 2016 (hors énergie hydraulique à grande échelle). L'Egypte a revu son objectif à

Schéma 12. Objectifs de l'UE en termes d'énergies renouvelables—d'énergie finale d'ici à 2020



la hausse, avec 20% d'électricité d'ici à 2020, au lieu de l'objectif précédent de 14% (qui incluait 7% d'origine hydraulique). Ce nouvel objectif comporte plus de 12% d'énergie éolienne laquelle devrait atteindre les 8 GW d'ici à 2020. Le gouvernement de la province du Cap-Occidental, en Afrique du Sud, a fixé un objectif de 15% d'électricité d'ici à 2014. Au Maroc, un projet de loi sur les énergies renouvelables est en cours. Il porterait sur 10% d'énergie primaire et 20% d'électricité d'ici à 2012, soit 1 GW de capacité additionnelle renouvelable. L'Ouganda a promulgué un ensemble complet d'objectifs pour 2017, dans le cadre de sa nouvelle stratégie de 2007 en matière d'énergies renouvelables. Un certain nombre d'autres pays en développement travaillaient à des objectifs attendus dans un avenir proche, dont une proposition de "Plate-forme de Brasilia sur les énergies renouvelables" émanant d'un groupe de 21 pays d'Amérique latine et des Caraïbes et portant sur un objectif de 10% d'énergie primaire à partir de sources renouvelables. Le Mexique envisage un objectif de 8% d'électricité d'ici à 2012, hors énergie hydraulique à grande échelle. L'Inde a proposé des objectifs à long terme, à l'horizon 2032, dans plusieurs catégories, dont 15% de la puissance énergétique, 10% de la consommation de pétrole remplacés par des biocarburants et des carburants de synthèse, ainsi qu'une utilisation accrue d'eau chaude solaire dans la mesure du possible.⁴⁸

Tableau 2. *continué*

Pays	Tarifs de rachat	Normes d'énergies renouvelables	Subventions, dons, remises	Taxes d'investissement ou autres taxes	Réduction : taxe, impôt, droit de régie, ou TVA	Commercialisation de certificats d'énergie renouvelable	Paiements ou crédits d'impôts de production	Compteur	Investissement public, prêts, ou financement	Adjudication publique
Cambodge			✓							
Chili			✓							
Chine	✓		✓	✓	✓				✓	✓
Costa Rica	✓									
Equateur	✓			✓						
Guatemala				✓	✓					
Honduras				✓	✓					
Inde	(*)	(*)	✓	✓	✓				✓	✓
Indonésie	✓									
Mexique				✓				✓		
Moroc				✓						
Nicaragua	✓			✓	✓					
Ouganda	✓								✓	
Panama							✓			
Philippines				✓	✓				✓	
Sri Lanka	✓									
Thaïlande	✓		✓					✓	✓	
Tunisie			✓	✓						
Turquie	✓		✓							

Note: La marque d'asterisque (*) signifie que quelques etats/provinces de pays ont des politiques à l'échelle locale (etats/provinces) mais pas à l'échelle nationale. Seules les politiques adoptées sont présentées sur le tableau; cependant, pour certaines de ces politiques mentionnées, les règles de mise en oeuvre n'ont pas été encore développées ou effectives, et par conséquent, n'ont pas d'impacts. Les politiques suspendues sont ignorées. Beaucoup de politiques de rachat d'électricité sont limitées par l'échelle ou par la technologie. Certaines de ces politiques mentionnées peuvent s'appliquer sur d'autres marchés à part la production d'électricité; par exemple le marché de l'eau chaude solaire et de biocarburants. Source: Toutes les références disponibles notamment la base de données des politiques et mesures globales en matière d'énergies renouvelables de l'AIE ainsi que les données soumises par les contributeurs au présent rapport.

Politiques de promotion de la production électrique

Au moins 60 pays, dont 37 pays développés et en transition et 23 pays en développement, disposent de politiques de promotion d'électricité renouvelable (voir tableau 2). La politique la plus répandue est celle des tarifs de rachat, adoptée dans un grand nombre de nouveaux pays et régions ces dernières années. Les Etats-Unis ont été le premier pays à adopter une loi nationale d'obligation de rachat, en 1978. Des politiques de rachat ont ensuite été adoptées au Danemark, en Allemagne, en Grèce, en Inde, en Italie, en Espagne et en Suisse, au début des années 1990. En 2007, au moins 37 pays et 9 Etats/provinces avaient adopté de telles politiques dont plus de la moitié sont appliquées depuis 2002 (voir tableau R10, page 44). Les tarifs de rachat ont nettement encouragé l'innovation et accru l'intérêt et les investissements dans de nombreux pays. C'est sur l'énergie éolienne que ces politiques ont eu le plus d'effet, mais elles ont également influé sur le développement

du PV solaire, de la biomasse et de l'énergie hydraulique à petite échelle.⁴⁹

La dynamique en faveur des tarifs de rachat se poursuit à travers le monde, tandis que les pays adoptent de nouvelles politiques de rachat ou révisent les politiques existantes. Un grand nombre de changements et d'ajouts ont été effectués en 2006/2007, particulièrement en Europe. Le Portugal, par exemple a modifié ses tarifs de rachat pour tenir compte des différences technologiques, des impacts environnementaux et de l'inflation. L'Autriche a amendé sa loi sur les énergies renouvelables pour permettre un nouveau système de tarifs de rachat. L'Espagne a modifié ses primes de rachat (qui s'ajoutent au prix de base de l'énergie) pour dissocier les primes du prix de l'électricité et éviter les superprofits en cas d'augmentation significative du prix de l'électricité. L'Allemagne, quant à elle, a proposé des amendements à sa loi "EEG" sur les tarifs de rachat. En dehors de l'Europe, l'Indonésie a révisé sa politique de tarifs de rachat pour y inclure les centrales jusqu'à 10 MW, contre 1 MW précédemment. La Thaïlande a adopté une nouvelle poli-

tique de rachat pour l'éolienne, le solaire, la biomasse et l'énergie micro-hydraulique. La province canadienne de l'Ontario a instauré des tarifs de rachat pour un ensemble similaire de technologies. Au plan national, le Canada a adopté l'équivalent d'une prime de rachat qui accordera 1 cent CAN par kWh à presque tous les types de projets liés à des énergies renouvelables élaborés jusqu'en 2011 et qui devraient couvrir une capacité additionnelle de 4 GW.⁵⁰

De nombreux tarifs de rachat spécifiquement destinés au PV solaire sont apparus en 2006/2007. En Europe, les nouveaux objectifs de rachat de l'Italie portent sur 3000 MW de PV solaire d'ici à 2016, soit presque un million de foyers s'ils sont utilisés pour des installations résidentielles. La politique italienne prévoit une disposition de plus en plus fréquente: les tarifs sont supérieurs de 5 centimes d'euro par kWh (7 cents par kWh) pour les installations intégrées au bâtiment, par rapport aux installations ordinaires en toiture. La France a réévalué ses tarifs de rachat pour le PV solaire et fait passer ses tarifs à 30 centimes d'euro par kWh (42 cents par kWh) pour les zones métropolitaines, avec une prime de 25 centimes d'euro par kWh (35 cents par kWh) pour les installations intégrées au bâtiment. En Grèce, la nouvelle loi sur les énergies renouvelables accorde entre 40 et 50 centimes d'euro par kWh (55-70 cents par kWh), en fonction de la taille et de l'emplacement du système. Les nouveaux tarifs autrichiens varient entre 32 et 49 centimes d'euro par kWh (45-70 cents par kWh), selon la taille du système. Le Portugal offre maintenant de 31 à 45 centimes d'euro par kWh, en fonction de la taille du système. Hors Europe, la Corée du Sud a ajouté le PV solaire à sa politique de rachat existante, avec un tarif de 677 Won par kWh (74 cents par kWh). L'Etat d'Australie Méridionale a établi un nouveau tarif de rachat de 44 cents de \$ AU (40 cents/kWh). En 2006, l'Argentine a adopté une politique de rachat qui accorde l'équivalent de 30 cents/kWh pour le PV solaire (parallèlement à une prime de 0,5 cents/kWh pour les autres énergies renouvelables). L'Inde, pour sa part, a annoncé une prime équivalant à 30 cents/kWh pour le PV solaire (et 25 cents/kWh pour l'énergie solaire thermodynamique).⁵¹

Plusieurs autres pays et Etats/provinces continuent d'examiner et de formuler des politiques de rachat pour l'avenir. Parmi les territoires qui envisagent de nouvelles politiques de rachat, on peut citer la Bulgarie, l'Etat indien du Bengale-Occidental, la province canadienne de Colombie Britannique et les Etats de Californie et du Michigan (aux Etats-Unis). Les Pays-Bas, après l'expiration, en 2006, d'une forme de tarifs de rachat à base de primes à la production d'électricité, ont entamé la formulation d'un nouveau système reposant sur des primes, attendu pour 2008. En général, les discussions autour des innovations ou des révisions incluent le niveau des tarifs, la diminution graduelle des tarifs, les périodes de soutien, la répartition des coûts sur différents segments de consommateurs, les seuils de puissance minimale ou maximale, les limitations fondées sur le type de propriété et le traitement différentiel des sous-groupes de technologies.⁵²

Des normes fixant la part des énergies renouvelables

dans le portefeuille énergétique (RPS), également appelées obligations vertes ou systèmes de quotas, existent au niveau de l'Etat/de la province aux Etats-Unis, au Canada et en Inde, et au niveau national dans sept pays: l'Australie, la Chine, l'Italie, le Japon, la Pologne, la Suède et le Royaume-Uni (voir tableau R11, page 44). A l'échelle mondiale, 44 Etats, provinces ou pays étaient dotés de RPS en 2007. La plupart des politiques de RPS requièrent des parts d'énergies renouvelables de l'ordre de 5 à 20%, généralement à l'horizon 2010 ou 2012, même si les politiques plus récentes étendent leurs objectifs à l'horizon 2015, 2020, voire 2025. La majorité des RPS se traduisent par des investissements importants à l'avenir, même si les moyens spécifiques (et l'efficacité) pour atteindre les quotas peuvent beaucoup varier d'un pays/Etat à l'autre. Aux Etats-Unis, cinq Etats ont adopté de nouvelles politiques de RPS en 2006/2007 (l'Illinois, le New Hampshire, la Caroline du Nord, l'Oregon et l'Etat de Washington), les faisant passer à 25, plus le District de Columbia, le nombre total d'Etats des Etats-Unis dotés de politiques de RPS (sans compter quatre autres Etats ayant fixé des objectifs stratégiques). En outre, neuf Etats des Etats-Unis ont révisé leurs objectifs de RPS existants, dont la Californie, ce qui a eu pour effet d'avancer à 2010 un objectif de 20% fixé à l'origine à l'horizon 2017. Le Canada compte trois provinces dotées de politiques de RPS et sept autres ayant fixé des objectifs de programmation. L'Inde, pour sa part, compte au moins six Etats appliquant des politiques de RPS.⁵³

Au plan national, à la fin de 2007, la Chine a annoncé des obligations en termes de RPS, qui font partie de son cadre stratégique en faveur des énergies renouvelables. La part des énergies renouvelables, hors énergie hydraulique, serait de 1% de la production totale d'énergie d'ici à 2010 et de 3% d'ici à 2020. En outre, tout producteur d'énergie en Chine doté d'une puissance supérieure à 5 GW doit augmenter sa possession réelle de production électrique d'origine renouvelable non hydraulique, pour atteindre 3% d'ici à 2010 et 8% d'ici à 2020. En 2007 également, le Japon a révisé sa politique de RPS pour cibler 1,63% d'ici à 2014 (contre 1,35% d'ici à 2010, à l'origine), dans l'optique de 16 terawatt-heure (TWh) d'ici à 2014.⁵⁴

Il existe plusieurs autres formes de mesures d'accompagnement en faveur de la production d'énergie renouvelable, dont les subventions directes à l'investissement ou les rétrocessions, les avantages et les avoirs fiscaux, les exonérations de la taxe sur les ventes et de la taxe à la valeur ajoutée (TVA), les paiements directs à la production ou les crédits d'impôt (par exemple, par kWh), l'échange de certificats verts, le comptage net et les investissements ou le financement publics directs (voir tableau 2). Au moins 35 pays proposent des subventions directes à l'investissement, des allocations ou des rétrocessions. La Russie a rejoint cette catégorie à la fin de 2007, avec une législation accordant des subventions à l'investissement pour l'interconnexion au réseau de producteurs d'électricité renouvelable, ainsi que des certificats d'énergie renouvelable et d'autres mesures. Les incitations et les avoirs fiscaux constituent aussi des moyens répandus d'apporter un soutien financier. La plu-

part des Etats américains, certains Etats d'Argentine et au moins 40 pays proposent diverses formes d'incitations et d'avoirs fiscaux en faveur des énergies renouvelables. Un certain nombre de pays, d'Etats et de provinces ont créé des fonds spéciaux en faveur des énergies renouvelables destinés à financer directement les investissements, à proposer des prêts à faible taux d'intérêt ou à faciliter les marchés notamment à travers la recherche, l'éducation et les normes.

Les appels d'offres publics pour des quantités fixées de puissance énergétique renouvelable constituent un autre type de politique observé dans quelques pays et provinces ces dernières années. La politique chinoise de "concession" d'énergie éolienne constitue l'exemple le plus notable à l'heure actuelle, avec quatre séries d'appels d'offres en 2003-2006 et une cinquième série devant commencer à la fin de 2007. Au total, la puissance issue de ces cinq séries pourrait atteindre 3,6 GW. Le Brésil a également mené des appels d'offres portant sur l'énergie hydraulique à petite échelle, l'éolienne et l'énergie à base de biomasse, dans le cadre de son programme PROINFA.⁵⁵

En 2006/2007, deux évolutions marquantes des politiques en faveur de l'électricité renouvelable ont eu lieu aux Etats-Unis, au niveau fédéral. La première a été l'extension de l'avoir fiscal à la production jusqu'à la fin de 2008, accompagnée de débats législatifs supplémentaires portant sur de nouvelles extensions à plus long terme, à l'horizon 2012-2013. Etabli à l'origine en 1994 à 1,5 cents/kWh et indexé sur l'inflation, jusqu'à atteindre 2 cents/kWh en 2007, cet avoir fiscal a soutenu l'énergie éolienne et d'autres énergies renouvelables, conjointement avec des politiques au niveau des Etats. La deuxième évolution consiste en un règlement déterminant autorisant le libre accès à la transmission nationale qui place les énergies renouvelables sur un pied d'égalité avec l'électricité conventionnelle. Ce règlement crée une nouvelle catégorie de service de transmission, appelée service "de sociétés conditionnelles", qui reconnaît la nature intermittente de certaines sources d'énergies renouvelables. Les charges de déséquilibre, qui reflètent la différence entre l'énergie prévue et réelle, doivent rendre compte de la capacité limitée des énergies renouvelables à prévoir ou à contrôler la production. Aux Etats-Unis, d'autres mesures liées à la transmission sont apparues au niveau des Etats. Le Colorado, par exemple, exige que les entreprises publiques d'électricité identifient les régions exposées au vent et sujettes à des contraintes de transmission et élaborent des programmes visant à améliorer la capacité de transmission. Le Nouveau Mexique a créé une Agence de transmission pour les énergies renouvelables afin d'améliorer l'accès à la transmission, tandis que la Californie a adopté de nouvelles règles de fixation des prix de transmission en vue de promouvoir les énergies renouvelables.

Au-delà des tarifs de rachat, des politiques visant à promouvoir le PV solaire en toiture raccordé au réseau existent aujourd'hui dans plusieurs pays. Ces politiques ont permis une croissance rapide du marché, ces dernières années. Les subventions en capital se généralisent à l'échelle nationale, locale, au niveau des Etats et des entreprises, et représentent généralement entre 30 et 50% des coûts d'installation. Envi-

ron la moitié de tous les Etats américains disposaient de programmes de subventions (ou des politiques d'avoirs fiscaux), soit à l'échelle de l'Etat, soit pour des entreprises de services publics spécifiques. Ce sont les programmes de subventions de la Californie qui sont les plus anciens. La nouvelle "Initiative solaire" de cet Etat prévoit 3 GW de PV solaire d'ici à 2017 pour les habitations, les écoles, les entreprises et les exploitations agricoles. La Corée a un programme similaire et escompte 300 MW d'ici à 2011, par le biais de son programme portant sur 100 000 installations en toiture, qui allouait à l'origine des subventions en capital de 70%. Les Etats-Unis, comme la Suède, accordent un avoir fiscal national de 30% pour le PV solaire (même si la politique américaine devait arriver à terme en 2008). La France propose un crédit d'impôt sur le revenu de 50%. L'Australie accorde des dégrèvements allant jusqu'à 8 \$ AU par watt (7 \$ par watt). En 2007, le Royaume-Uni a relancé un programme de subventions du PV solaire, de la micro-éolienne et du chauffe-eau solaire pour les ménages. Au Japon, plus de 300 municipalités continuent à subventionner le PV solaire, après l'expiration des subventions nationales en 2005. De nouveaux programmes de PV solaire en toiture ont été annoncés dans plusieurs autres pays.⁵⁶

Le comptage net (également appelé "facturation nette") constitue également une politique importante en termes de PV solaire en toiture (ainsi que pour d'autres énergies renouvelables), qui permet à la puissance excédentaire d'être revendue au réseau. Le comptage net existe aujourd'hui dans au moins 10 pays et dans 39 Etats américains. Il ne s'applique en majorité qu'aux petites installations, mais un nombre croissant de règlements rend éligibles les installations plus importantes. Le Maryland, par exemple a relevé son seuil de puissance de comptage net, qui est passé de 200 kW à 2 MW, le Nouveau Mexique ayant fait passer le sien de 10 kW à 80 MW. Outre les subventions et le comptage net, quelques juridictions commencent à rendre obligatoire le PV solaire dans certains types de nouvelles constructions, à travers la législation sur les constructions. Un exemple significatif est celui de la législation espagnole sur les constructions votée en 2006, qui exige de l'énergie PV solaire pour certains types de bâtiments neufs et de rénovations (ainsi que du chauffe-eau solaire; voir la section suivante). A partir de 2011 le "Partenariat pour des foyers solaires" de la Californie exigera des constructeurs de proposer des centrales solaires comme standard dans les nouveaux lotissements de 50 bâtiments ou plus.

Ces dernières années, les pays en développement ont nettement accéléré leurs politiques de promotion de l'électricité renouvelable, en adoptant, en renforçant ou en envisageant un large éventail de politiques et de programmes (dont certains ne se limitent pas à l'électricité). En voici quelques exemples: en Amérique latine, le Mexique envisageait une nouvelle loi sur les énergies renouvelables qui permettrait de faciliter le développement de l'énergie éolienne, d'établir des méthodologies permettant d'évaluer l'électricité d'origine renouvelable et de créer un fonds national en faveur des énergies renouvelables. L'Argentine a déjà créé un fonds national en 2006, afin de promouvoir les

énergies renouvelables. Quatre provinces d'Argentine (Santa Cruz, Buenos Aires, Santa Fe et Chubut) ont également leurs propres lois sur les énergies renouvelables, votées ces dernières années, prévoyant des exonérations d'impôt foncier et d'impôt sur le revenu, ainsi que des subventions à la production d'électricité. L'Equateur a instauré des tarifs de rachat en 2005 pour l'éolienne, le PV solaire et la biomasse, de même que des réductions ou des exonérations de taxes et de redevances. En Asie, l'Inde a annoncé au début de 2006 une nouvelle politique tarifaire nationale visant à promouvoir la production d'énergie renouvelable, incluant des quotas, des tarifs préférentiels et des lignes directrices pour fixer le prix de l'énergie "non garantie". Les Philippines envisageaient un certain nombre de mesures potentielles, dont un tarif de rachat, des normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique, des réductions de taxes sur les importations et d'impôt sur le revenu, un système de comptage net et un fonds national en faveur des énergies renouvelables (en plus des politiques de soutien existantes pour l'énergie hydraulique à petite échelle et la géothermie). L'Indonésie étudiait la mise en place d'incitations tarifaires pour les projets d'électricité renouvelable à petite échelle. Le Pakistan a instauré un tarif de rachat limité pour le développement de l'éolienne et supprimé les droits sur les importations pour les éoliennes. Il envisageait aussi une loi plus large destinée à promouvoir les énergies renouvelables. En ce qui concerne l'Afrique et le Moyen-Orient, l'Ouganda a voté une stratégie complète en faveur des énergies renouvelables, jusqu'en 2017, et proposait des tarifs de rachat sur la base de projets individuels. L'Egypte travaillait au développement de l'énergie éolienne. Madagascar a établi un nouveau programme en faveur de l'énergie hydraulique. L'Iran élaborait une nouvelle loi de promotion et a également commencé à autoriser les producteurs d'énergie indépendants. La Turquie a voté en 2005 une nouvelle loi de promotion des énergies renouvelables. La Jordanie a établi un projet de loi contenant un certain nombre de dispositions, dont des baux gratuits de terres publiques pour les parcs éoliens, le paiement des interconnexions au réseau par les entreprises de services publics, un avoir fiscal pour la production, des exonérations de droits de douane et d'impôt sur le revenu, ainsi qu'un fonds d'investissement dans les énergies renouvelables.

Eau chaude et chauffage solaires

Les obligations concernant le chauffe-eau solaire dans les nouvelles constructions représentent une tendance forte et croissante, au plan national comme au plan local. Pendant longtemps, Israël a été le seul pays doté d'une obligation au plan national, mais l'Espagne a suivi en 2006, avec une législation sur les constructions, qui exige un niveau minimal de chauffe-eau solaire et de PV solaire dans les nouvelles les bâtiments neufs ou en rénovation. Le chauffe-eau solaire doit satisfaire entre 30 et 70 % des besoins énergétiques en eau chaude, selon la zone climatique, le niveau de consommation et le combustible d'appoint. En 2007, au moins quatre autres pays ont adopté des obligations nationales portant

sur le chauffe-eau solaire: l'Inde a voté de nouveaux codes nationaux de conservation de l'énergie pour les immeubles d'habitation, les hôtels et les hôpitaux, avec des systèmes centralisés d'eau chaude, exigeant qu'au moins 20 % de la capacité de chauffage de l'eau soient d'origine solaire. La Corée exige un minimum de 5 % des coûts d'investissement en énergies renouvelables pour les nouveaux bâtiments publics supérieurs à 3000 mètres carrés. La Chine a publié un programme qui rendra bientôt le chauffe-eau solaire obligatoire dans certains types de nouvelles bâtiments neufs à travers le pays. En ce qui concerne l'Allemagne, la loi sur le chauffage à base d'énergies renouvelables obligera, à compter de 2009, tous les nouveaux bâtiments résidentiels à assurer au moins 14 % de l'énergie servant au chauffage de l'habitation et de l'eau à partir d'énergies renouvelables, dont le solaire, la biomasse et la géothermie. Les bâtiments existants devront être adaptés pour tirer de sources renouvelables 10 % de l'énergie nécessaire à leur chauffage. Dans le cadre de cette loi, l'Allemagne a prévu, en 2008, 350 millions d'euros (490 millions de \$) de subventions d'investissement pour les propriétaires de logements.⁵⁷

Les autorités municipales ont également voté des obligations relatives au chauffe-eau solaire. Des arrêtés établis par plus de 70 municipalités à travers l'Espagne ont précédé l'obligation nationale espagnole. Barcelone a été la première ville du pays dotée d'un tel arrêté, établi pour la première fois en 2000 et actualisé ensuite en 2006 pour inclure tous les bâtiments neufs ou en rénovation. La municipalité exige que 60 % de l'énergie utilisée pour chauffer l'eau soient d'origine solaire. D'autres exemples de municipalité incluent les villes chinoises de Rizhao, où l'eau chaude solaire est obligatoire dans tous les bâtiments neufs, et de Shenzhen, où elle est obligatoire dans tous les nouveaux immeubles inférieurs à 12 étages. En Inde, la ville de Nagpur exige le chauffe-eau solaire dans les nouveaux immeubles supérieurs à 1500 mètres carrés, avec un dégrèvement de 10 % de l'impôt foncier comme mesure d'incitation supplémentaire. En 2007, la ville du Cap, en Afrique du Sud, a élaboré un projet d'arrêté qui était en cours de révision et en vertu duquel le chauffe-eau solaire serait obligatoire dans les nouvelles habitations des groupes à revenu intermédiaire et élevé. Egalement en 2007 la plus grande ville du Brésil, São Paulo, a adopté une loi stipulant que tous les nouveaux bâtiments supérieurs à 800 mètres carrés devaient être équipés de chauffe-eau solaire. D'autres villes travaillaient à l'élaboration de politiques sur le chauffe-eau solaire, dont Rome, qui exigerait que 30 à 50 % de l'énergie servant à chauffer l'eau dans les nouveaux bâtiments soient d'origine solaire.⁵⁸

La Chine est le seul grand pays à avoir fixé des objectifs nationaux à long terme portant sur le chauffe-eau solaire, à savoir 150 millions de mètres carrés d'ici à 2010 et 300 millions de mètres carrés d'ici à 2020 (contre 100 millions de mètres carrés en 2006). Atteindre ces objectifs signifierait probablement que plus d'un quart de tous les ménages chinois utiliserait le chauffe-eau solaire d'ici à 2020, de même qu'une proportion significative de bâtiments commerciaux et publics. La conception et la construction de bâtiments dans de nombreuses zones urbaines de Chine incluent

aujourd'hui de l'eau chaude solaire, étant donné que la population urbaine chinoise continue d'augmenter (elle comptait 580 millions d'habitants en 2006).

Les subventions pour le chauffe-eau solaire constituent désormais une politique répandue dans de nombreux Etats et pays. Au moins 19 pays, et probablement bien d'autres, offrent des subventions en capital, des dégrèvements ou des avoirs fiscaux pour les investissements dans le chauffe-eau solaire et le chauffage solaires, dont l'Australie, l'Autriche, la Belgique, le Canada, Chypre, la Finlande, la France, l'Allemagne, la Grèce, la Hongrie, le Japon, les Pays-Bas, la Nouvelle-Zélande, le Portugal, l'Espagne, la Suède, le Royaume-Uni et les Etats-Unis. Les subventions d'investissement représentent en général de 20 à 40 % du coût d'un système. Les avoirs fiscaux à l'investissement permettent de déduire de la cotisation fiscale tout ou une partie des coûts d'investissement, comme c'est le cas de l'impôt fiscal fédéral en vigueur aux Etats-Unis, qui s'élève à 30 % pour le chauffe-eau solaire (en vigueur jusqu'à la fin de 2007, avec une extension envisagée). L'Allemagne a récemment introduit de nouvelles incitations destinées à l'installation de chauffe-eaux solaires à grande échelle, avec des prêts à faibles taux d'intérêts et des subventions de 30 % de l'investissement initial pour les systèmes supérieurs à 40 mètres carrés produisant de la chaleur, de la climatisation et de la chaleur de procédé industrielle. Beaucoup d'Etats américains et quelques provinces canadiennes proposent également des subventions en capital. Le plus important programme de subventions des Etats-Unis a été lancé par la Californie, à la fin de 2007, avec 250 millions de \$ sous forme de dégrèvements sur 10 ans ciblant 200 000 systèmes résidentiels et commerciaux. L'objectif du programme est d'établir un marché florissant à l'échelle de l'Etat. Récemment, la province de l'Ontario, au Canada, a promulgué un programme d'adaptation des logements mettant à disposition jusqu'à 5000 \$ CAN par foyer (incluant le chauffe-eau solaire). Elle a établi des prêts à taux zéro pour les propriétaires de logements et fixé un objectif d'installation de 100 000 systèmes de chauffe-eaux solaires. Certaines entreprises de services publics proposent des subventions en capital destinées à réduire la demande d'électricité. C'est le cas d'ESKOM, en Afrique du Sud, qui a incorporé en 2007 le chauffe-eau solaire à son programme sur la gestion de la demande et a prévu 1 million de nouveaux systèmes sur cinq ans.

D'autres politiques ou propositions favorisant le chauffe-eau solaire existent ou sont à l'étude. La ville de Betim, au Brésil, installe des chauffe-eaux solaires dans tous les nouveaux logements sociaux. Les certificats d'énergies renouvelables de l'Italie (également connus sous le nom de "certificats blancs") s'appliquent aussi au chauffe-eau solaire. La Commission européenne devait envisager des politiques de promotion du chauffage d'origine renouvelable, y compris le chauffage solaire, susceptibles de déboucher sur une nouvelle directive (et, par conséquent, tout un ensemble de directives sur l'électricité, les transports et le chauffage). Un certain nombre de pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient continuaient d'élaborer des politiques en faveur du chauffe-eau solaire, des législations sur

les constructions et/ou des programmes de promotion, notamment la Tunisie, le Maroc, l'Egypte, la Jordanie et la Syrie. En Tunisie, le programme PROSOL sur la "transformation du marché" comprend à la fois des mesures portant sur la demande et des mesures portant sur l'offre, telles que des subventions en capital de l'ordre de 20 à 30 %, un soutien aux fabricants et aux installateurs et des normes de qualité améliorées.

Politiques en favorisant les biocarburants

Des obligations de mélange de biocarburants aux carburants pour véhicules ont été votées dans au moins 36 Etats/provinces et 17 pays, au plan national (voir tableau R12, page 45). La plupart de ces obligations exigent un mélange de 10 à 15 % d'éthanol à l'essence ou de 2 à 5 % de biodiesel au carburant diesel. La plupart de ces obligations sont relativement récentes, votées ces 2 ou 3 dernières années. On trouve aujourd'hui ce type d'obligation dans au moins 13 Etats/territoires indiens, 9 provinces chinoises, 9 Etats des Etats-Unis, 3 provinces canadiennes, 2 Etats australiens et dans au moins 9 pays en développement, au plan national. Parmi les obligations de mélange les plus récentes, on peut citer celles du Canada (E5 d'ici à 2010 et B2 d'ici à 2012), celles des Philippines (B1 et E10 d'ici à 2010) et la première obligation de mélange en Australie à l'échelle régionale, portant sur l'éthanol, qui a commencé en 2007 en Nouvelle Galles du Sud. L'obligation nationale du Royaume-Uni entre en vigueur en 2008. Les provinces canadiennes de Colombie Britannique et du Québec ont annoncé qu'elles obligeraient également à mélanger de l'éthanol avec l'essence, mais sans préciser de pourcentage pour l'instant. De nombreuses autorités commencent également à exiger l'utilisation de biocarburants pour les véhicules administratifs notamment dans plusieurs Etats des Etats-Unis. Dans le cadre de son programme "ProAlcool", le Brésil est le leader mondial en termes d'obligation de mélange de biocarburants depuis 30 ans. Les proportions des mélanges sont adaptées de temps à autre, mais restent de l'ordre de 20 à 25 %. Toutes les pompes à essence sont obligées de vendre à la fois de l'essence-alcool (E25) et de l'éthanol pur (E100). L'obligation de mélange s'accompagne également de toute une série de mesures de soutien, dont des obligations liées à la distribution au détail, les subventions à la production et les avantages fiscaux pour les véhicules (les véhicules à carburant modulable aussi bien que ceux roulant à l'éthanol pur).

Outre les obligations de mélange, plusieurs nouveaux objectifs et programmes liés aux biocarburants sont apparus en 2006/2007, définissant des niveaux d'utilisation de biocarburants pour l'avenir. Aux Etats-Unis, une nouvelle norme sur les carburants renouvelables oblige les distributeurs de carburant à augmenter le volume annuel de biocarburants mélangés pour atteindre 36 milliards de gallons (136 milliards de litres) d'ici à 2022, renforçant une norme antérieure de 7,5 milliards de gallons (28 milliards de litres) d'ici à 2012. En vertu de la nouvelle norme, 20 % de l'essence utilisée pour le transport routier d'ici à 2022

seraient constitués de biocarburants. Le Royaume-Uni a instauré une obligation similaire concernant les carburants renouvelables, avec un objectif de 5% d'ici à 2010. La nouvelle stratégie du Japon en faveur de la production d'éthanol à long terme cible 6 milliards de litres par an d'ici à 2030, ce qui représente 5 % de l'énergie nécessaire aux transports. La Chine a mis au point les derniers détails de ses objectifs, portant sur l'équivalent de 13 milliards de litres d'éthanol et de 2,3 milliards de litres de biodiesel par an, d'ici à 2020. L'Afrique du Sud a fixé de nouveaux objectifs stratégiques pour les biocarburants, visant 4,5 % de biocarburants. Le Portugal et la France ont tous les deux adopté un objectif de 10 % de l'énergie nécessaire aux transports, d'ici à 2010 et 2015. La Belgique et la Croatie ont adopté un objectif de 5,75 % d'ici à 2010. Et la Commission européenne a établi un nouvel objectif à l'échelle de l'UE de 10 % de l'énergie nécessaire aux transports d'ici à 2020, contre l'objectif antérieur à l'échelle de l'UE de 5,75 % d'ici à 2010.⁵⁹

Les exonérations de la taxe sur les carburants et les subventions à la production sont devenues des politiques importantes en termes de biocarburants. C'est aux Etats-Unis que l'on trouve les subventions à la production les plus élevées, le gouvernement fédéral offrant jusqu'en 2010 un avoir fiscal de 51 cents/gallon (14 cents/litre) pour l'ajout d'éthanol et jusqu'en 2008 un avoir fiscal de 43 cents/gallon (12 cents/litre) pour le biodiesel. Un certain nombre d'Etats des Etats-Unis proposent également des incitations à la production et des réductions ou des exonérations de la taxe sur les ventes. Le Canada a aussi récemment instauré des subventions fédérales à la production de biocarburants, s'élevant à 10 cents CAD/litre (10 cents/litre) pour l'éthanol et à 20 cents CAD/litres (20 cents/litre) pour le biodiesel. Les subventions s'appliquent pendant les trois premières années avant de diminuer et devraient faire passer la production d'éthanol à 2 milliards de litres par an et celle de biodiesel à 0,6 milliards de litres par an. Parmi les autres pays proposant des incitations fiscales à la production, on peut citer l'Argentine, la Bolivie, le Brésil, la Colombie et le Paraguay.⁶⁰

Des exonérations fiscales favorisant les biocarburants existent dans au moins 10 pays de l'UE : la Belgique, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, la Lituanie, la Slovaquie, l'Espagne, la Suède et le Royaume-Uni. L'Allemagne proposait une exonération, mais l'a supprimée en 2007. En 2006, l'Irlande a annoncé 265 millions d'euros (370 millions de \$) sous forme de subventions supplémentaires jusqu'en 2010, y compris un dégrèvement d'impôt indirect pour les biocarburants de 200 millions d'euros (280 millions de \$). Les autres pays de l'OCDE ayant mis en place des exonérations de la taxe sur les carburants incluent le Canada (à partir de 2008) et l'Australie. On trouve aussi des exonérations de la taxe sur les carburants dans un certain nombre de pays en développement, dont l'Argentine, la Bolivie, la Colombie et l'Afrique du Sud. Les exonérations de la taxe sur les carburants coïncident souvent avec d'autres types d'avantages fiscaux accordés aux investissements et au commerce de biocarburants.

L'achat d'énergie verte et les certificats d'électricité renouvelable

Il existe aujourd'hui plus de 4 millions de consommateurs d'énergie verte en Europe, aux Etats-Unis, au Canada, en Australie et au Japon. L'achat d'énergie verte et les programmes de fixation de prix verts par les entreprises de services publics se multiplient, aidés par une combinaison de politiques de soutien, d'initiatives privées, de programmes liés aux entreprises de services publics et d'achats par le gouvernement. Les trois principaux vecteurs d'achats d'énergie verte sont: les programmes de fixation de prix verts par les entreprises de services publics, la vente au détail concurrentielle par des producteurs tiers habilités à le faire par la libéralisation/déréglementation du secteur de l'électricité (également connue sous le nom de "commercialisation verte") et l'échange volontaire de certificats d'énergie verte.* Tandis que les marchés se développent, les surcoûts de l'énergie verte par rapport à l'énergie traditionnelle ont généralement continué à baisser.⁶¹

En Europe, l'achat d'énergie verte et la fixation de prix verts par les entreprises de services publics existent dans certains pays depuis la fin des années 1990. Dans la plupart des pays, la part de marché de l'énergie verte reste faible, inférieure à 5 %, même dans les pays dotés de marchés de détail libéralisés, tels que la Finlande, l'Allemagne, la Suède, la Suisse et le Royaume-Uni. Les Pays-Bas ont occupé la première position en termes de nombre de consommateurs d'énergie verte. Cela vient en partie des fortes taxes sur l'électricité d'origine fossile, combinées à des exonérations fiscales de l'énergie verte et à des campagnes médiatiques. En 2006/2007, on comptait environ 2,3 millions de consommateurs d'énergie verte, soit quelque 30 % de tous les foyers du pays. Toutefois, ce nombre traduisait une baisse par rapport aux plus de 3 millions de foyers dans les années précédentes, allant de pair avec la suppression de la taxe sur l'électricité d'origine fossile et des exonérations. La Suède possède aussi un important marché de l'énergie verte, largement composé d'acheteurs non résidentiels. En Allemagne, le marché de l'énergie verte n'a cessé de croître depuis 1998, avec plus de 750 000 consommateurs en 2006. Dans certains pays, des labels d'énergie verte ont été introduits pour renforcer la confiance des consommateurs, tels que "ok-power" en Allemagne et "nature-made star" en Suisse. En 2005, le marché européen annuel de l'énergie verte était estimé à 27 terrawatt-heure (TWh), dont 15 TWh aux Pays-Bas, 7,5 TWh en Suède et 2 TWh en Allemagne.

Vingt-et-un pays européens sont membres de l' « European Energy Certificate System (EECS) ». Il s'agit d'un cadre qui permet l'émission, le transfert et le retrait de certificats d'énergie renouvelable (REC) volontaires. L'EECS a également commencé à fournir des certificats de "garantie d'origine" en association avec les REC, pour permettre aux producteurs d'énergie renouvelable d'attester de la provenance d'une source renouvelable (conformément à une directive de l'UE de 2001 et à un décret de 2004). Au cours

* Dans certains pays, les certificats d'énergie verte peuvent jouer un autre rôle, distinct de l'échange volontaire: celui de remplir les obligations liées aux quotas.

Tableau 3 : Villes choisies avec des objectifs et/ou politiques d'énergie renouvelable

Villes	Objectifs en énergies renouvelables	Objectifs de réduction de CO2	Politiques chauffe-eau solaire	Politiques solaire PV	Planification urbaine, projets pilotes, et d'autres politiques
Adélaïde, Australie	✓	✓			✓
Austin (Texace), Etats-Unis	✓	✓			✓
Barcelone, Espagne			✓		
Berlin, Allemagne		✓	✓	✓	
Betim, Brésil		✓	✓		✓
Le Cap, Afrique du Sud	✓	✓			✓
Chicago, Etats-Unis	✓				
Deagu, Corée	✓	✓			✓
Fribourg, Allemagne	✓	✓	✓	✓	✓
Gwangju, Corée	✓	✓			✓
La Haye, Pays-Bas		✓			
Leicester, Royaume-Uni	✓				✓
Londres, Royaume-Uni		✓			
Malmö, Suède		✓			✓
Melbourne, Australie	✓	✓			✓
Mexico, Mexique				✓	✓
Minneapolis, Etats-Unis	✓				✓
Nagpur, Inde		✓	✓	✓	
New York, Etats Unis		✓		✓	✓
Oxford, Royaume-Uni	✓	✓	✓	✓	✓
Portland (OR), Etats-Unis	✓	✓	✓	✓	✓
Rizhao, Chine			✓	✓	
Salt Lake City, Etats-Unis	✓	✓			✓
Santa Monica, Etats-Unis	✓				✓
Sao Paulo, Brésil			✓		
Sapporo, Japon		✓			✓
Stockholm, Suède	✓	✓			✓
Toronto, Canada		✓			
Tokyo, Japon	✓		✓	✓	✓
Townsville, Australie			✓	✓	
Vancouver, Canada		✓			
Växjö, Suède	✓	✓	✓	✓	✓
Woking, Royaume-Uni	✓	✓	✓	✓	✓

Source: Voir la note de fin 62.

des 10 premiers mois de 2007, 100 TWh de certificats ont été émis, contre 67 TWh pour toute l'année 2006. L'énergie hydraulique domine de plus en plus les échanges de certificats, avec 93 % des certificats en 2007, contre 81 % en 2006 (la Norvège, gros producteur d'énergie hydraulique, a émis 60 % de l'ensemble des certificats en 2007). Si l'on ne tient pas compte de l'énergie hydraulique, quelque 4 TWh ont été émis au cours des 10 premiers mois de 2007, contre 12 TWh pour toute l'année 2006. Une part croissante des REC intègre l'indication de la garantie d'origine, au fur et à mesure que le nombre de pays et d'émetteurs enregistrés augmente.

En 2006, les Etats-Unis comptaient plus de 600 000 consommateurs d'énergie verte, ayant acheté environ 12 TWh, contre 8,5 TWh en 2005. Les primes à l'énergie verte de

détail pour les consommateurs résidentiels et commerciaux à petite échelle sont généralement de l'ordre de 1 à 3 cents/kWh, certaines étant aujourd'hui inférieures à 1 cent/kWh. L'achat d'énergie verte a sérieusement commencé à la fin des années 1990 et le marché s'est rapidement développé ces dernières années. Au moins 3 GW de puissance d'origine renouvelable sont soutenus par le marché de l'énergie verte. A l'heure actuelle, plus de 700 entreprises de services publics aux Etats-Unis proposent des programmes de fixation de prix verts. Dans plus d'une demi douzaine d'Etats, la réglementation oblige les entreprises de services publics ou les fournisseurs d'électricité à proposer des produits à base d'énergie verte à leurs clients. Aux Etats-Unis, beaucoup d'entreprises, de l'aéronautique à l'agro-alimentaire, achètent volontairement des produits liés à

l'énergie verte. Le "Green Power Partnership" de l'Agence américaine de protection de l'environnement comprenait plus de 700 partenaires qui, à partir de la mi-2007, achetaient ensemble 9 TWh d'énergie verte par an. En outre, un programme volontaire de certification "Green-e" a contribué à donner confiance dans le marché.

D'autres pays ont également enregistré une croissance de l'achat d'énergie verte. A la fin de 2007, l'Australie comptait 650 000 consommateurs d'énergie verte, qui achetaient 400 gigawattheures (GWh) auprès de divers détaillants, et le marché se développe rapidement. L'Australie a également étendu les échanges de certificats d'énergie renouvelable afin de faciliter le respect des normes fixant la part des énergies renouvelables dans son portefeuille énergétique. Au Canada, environ une douzaine d'organisations, dont des entreprises de service public et des vendeurs indépendants, propose des options d'énergie verte aux consommateurs. A la fin de 2003, quelque 20 000 consommateurs achetaient de l'énergie renouvelable par le biais de ces programmes. En Afrique du Sud, une entreprise a commencé à proposer de l'énergie verte aux consommateurs de détail. Il s'agit jusqu'ici d'énergie produite à partir de la bagasse provenant des moulins à sucre, mais l'entreprise prévoit d'étendre son offre à l'éolienne et à d'autres sources lorsqu'elles seront disponibles.

Le système japonais de certification d'énergie verte a vendu 58 GWh de certificats en 2006, principalement aux industriels, associations et municipalités, et une faible proportion aux ménages. La compagnie d'énergie naturelle du Japon est le principal vendeur de certificats et compte parmi ses clients plus de 50 grandes sociétés, comme Sony, Asahi, Toyota et Hitachi. Les primes pour l'énergie verte sont généralement de l'ordre de 3 à 4 yen/kWh (2,5–3,4 cents/kWh). D'autres initiatives en faveur de l'énergie verte sont en cours au Japon, telles que le Réseau d'achat d'énergie verte, créé par le gouvernement de Tokyo en 2007 afin de rassembler toutes les autorités municipales du Japon désireuses de promouvoir l'énergie verte. Plusieurs entreprises publiques d'électricité proposent un Fonds pour l'énergie verte, qui permet aux consommateurs de contribuer, sur une base volontaire, au soutien d'investissements dans les énergies vertes (sous forme de "dons" mensuels). Au début de 2007, quelque 35 000 consommateurs y participaient.

Politiques municipales

A travers le monde des villes continuent à voter des politiques visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à promouvoir les énergies renouvelables (voir tableau 3, page suivante). Leurs motifs sont divers et incluent la protection climatique, l'amélioration de la qualité de l'air et un développement local durable. Plusieurs grandes villes ont pris de nouveaux engagements en 2006/2007. Londres, par exemple, a annoncé un objectif visant à réduire les émissions de dioxyde de carbone (CO₂) de 20 % d'ici à 2010, par rapport au niveau de 1990, et de 60 % d'ici à 2050. La ville de New York a annoncé son programme "PlaNYC 2030", qui inclut des politiques d'encouragement des installations

solaires, un projet pilote pour la construction du premier bâtiment carbone-neutre de la ville et une augmentation de la production distribuée. Tokyo a proposé un objectif ambitieux de 20% de la consommation totale d'énergie de la ville d'ici à 2020, contre moins de 3 % aujourd'hui. L'objectif de Tokyo devait être adopté officiellement en 2008, dans le cadre de son "Programme de base pour l'environnement", et un certain nombre de nouvelles mesures étaient à l'étude. Tokyo a, par la suite, adopté un budget de 50 milliards de yens (450 millions de \$) destiné à atteindre son objectif parallèle de réduction de 25 % de CO₂ d'ici à 2020, par rapport au niveau de 2000, dont une partie sera utilisée pour les énergies renouvelables. Conjointement à cet objectif, un conseil d'entreprises privées et de producteurs d'électricité a formé un "comité d'expansion de l'énergie solaire", ciblant 1 GW de capacité additionnelle de PV solaire et de chauffage solaire dans Tokyo d'ici à 2017.⁶²

Beaucoup d'autres villes à travers le monde ont également adopté de nouvelles politiques en 2006/2007. Ainsi, en Allemagne, la ville de Fribourg a fait passer son objectif de réduction du CO₂ à 30 % d'ici à 2030, en introduisant des mesures telles que la co-génération et la construction de maisons solaires passives. Au Canada, Vancouver a fixé comme objectif que toute nouvelle construction de la ville soit neutre en carbone d'ici à 2030, tandis que Toronto a mis en place un "Fonds pour l'énergie verte" de 20 millions de \$ afin de soutenir les investissements dans les énergies renouvelables. Aux Etats-Unis, la ville d'Austin, au Texas, a adopté une résolution sur la protection climatique en vertu de laquelle les normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique devront passer à 30 % d'électricité renouvelable d'ici à 2020. Dans ce cadre, les bâtiments municipaux devront tirer 100 % de leur énergie de sources renouvelables d'ici à 2012. La ville de Boulder, au Colorado, a voté la première taxe sur le carbone des Etats-Unis, fondée sur les achats d'électricité d'origine fossile, dont les achats d'énergie renouvelable (énergie verte) seront exemptés. Certaines autorités locales au Royaume-Uni exigent aujourd'hui des énergies renouvelables sur site pour tous les nouveaux bâtiments supérieurs à un seuil spécifique.⁶³

Les types d'objectifs fixés liés aux énergies renouvelables varient considérablement. Nombre de villes ont adopté des objectifs pour l'avenir de l'ordre de 10 à 20% de la consommation totale d'électricité. On peut citer dans ce cas Adelaide, en Australie, Le Cap, en Afrique du Sud, Fribourg, en Allemagne, Sacramento, aux Etats-Unis, et Woking, au Royaume-Uni. Ces objectifs ciblent en général une année donnée à l'horizon 2010-2020. Certains objectifs concernent une part de la consommation totale d'énergie, plutôt qu'une part de d'électricité uniquement. La ville de Leicester, au Royaume-Uni, par exemple, avec un objectif de 20 % d'ici à 2020, et Daegu, en Corée, avec un objectif de 5 % d'ici à 2010. (Au plan national, la Corée a adopté en 2006 le programme "Perspectives énergétiques 2030", selon lequel les autorités locales doivent atteindre une part de 9 % d'énergie d'ici à 2030). D'autres types d'objectifs fixés par les villes portent sur la puissance installée, comme à Oxford, au Royaume-Uni, et au Cap, en Afrique du Sud, deux villes ayant

un objectif de 10 % de foyers équipés de chauffe-eaux solaires d'ici à 2010 (ainsi que de PV solaire, dans le cas d'Oxford). Barcelone, en Espagne, vise 100 000 mètres carrés de chauffe-eaux solaires d'ici à 2010. Salt Lake City, aux Etats-Unis, cible 10 % de l'énergie utilisée par les nouveaux bâtiments. Melbourne, en Australie, vise 25 % de l'électricité résidentielle et 50 % de l'éclairage public d'origine renouvelable d'ici à 2010.

Certaines villes ont aussi adopté des objectifs de réduction des émissions de CO₂, généralement de l'ordre de 10 à 20 % par rapport à un niveau de référence (habituellement, le niveau de 1990), d'ici à 2010-2012, conformément aux objectifs du Protocole de Kyoto. On peut citer dans ce cas Berlin, en Allemagne (25 %), Fribourg, en Allemagne (25 %), Gwangju, en Corée (20%), Malmö, en Suède (25 %), Melbourne, en Australie (20 %), Portland, dans l'Oregon, aux Etats-Unis (10 %), Sapporo, au Japon (10 %), Växjö, en Suède (70 % d'ici à 2025 dans des zones-cibles sélectionnées) et Toronto et Vancouver, au Canada (30 % d'ici à 2020). La Haye, aux Pays-Bas, a prévu une consommation des autorités municipales neutre en CO₂ (zéro émissions nettes) pour 2006 et une ville entièrement neutre en CO₂ à long terme. Adelaïde, en Australie, projette des émissions nettes égales à zéro d'ici à 2012 dans les bâtiments et d'ici à 2020 dans les transports. Et Stockholm, en Suède, propose de faire passer les émissions sous un seuil donné par habitant. Au niveau de la ville, il existe souvent un lien étroit entre les objectifs de réduction des émissions de CO₂ et les objectifs, les politiques et les programmes liés aux énergies renouvelables. Par exemple, Växjö, en Suède, a déjà réduit ses émissions de 24 % par rapport au niveau de 1993, dans des zones cibles en associant la biomasse pour le chauffage urbain et les transports à l'énergie solaire pour l'éclairage et le chauffage des bâtiments.⁶⁴

Un certain nombre de villes a décidé d'acheter de l'énergie verte pour les activités et les bâtiments municipaux. On peut citer dans ce cas, aux Etats-Unis, les villes de Portland, dans l'Oregon, et de Santa Monica, en Californie, qui achètent 100 % de l'énergie nécessaire à leurs besoins sous forme d'énergie verte. Woking, au Royaume-Uni, cible 100 % d'ici à 2011. D'autres villes des Etats-Unis achètent aujourd'hui de l'énergie verte, généralement entre 10 et 20 % de leurs besoins municipaux, dont Chicago, Los Angeles, Minneapolis et San Diego. Melbourne, en Australie, cible des émissions nettes de carbone égales à zéro pour les activités municipales d'ici à 2020, par le biais d'énergies renouvelables et d'autres mesures. Outre l'énergie verte, certaines villes exigent l'utilisation de biocarburants dans les transports publics et/ou les véhicules municipaux, comme c'est le cas de Betim, au Brésil, et de Stockholm, en Suède.

L'incorporation d'énergies renouvelables à l'urbanisme

commence à apparaître dans un grand nombre de villes à travers le monde. Plus de la moitié de l'ensemble des municipalités japonaises, ainsi que plusieurs préfectures et la ville de Yokohama, ont élaboré ce type de vision d'avenir, dans le cadre du programme "Vision d'avenir pour une nouvelle énergie régionale". D'autres exemples incluent Gothenberg et Stockholm, en Suède, qui ont toutes les deux défini une vision d'avenir et une programmation à long terme, à l'horizon 2050, en vue de supprimer partiellement ou entièrement les combustibles fossiles ainsi que le programme de planification environnementale « Salt Lake City Green » aux Etats-Unis. Le développement des énergies renouvelables fondé sur les communautés commence aussi à apparaître dans certains pays. Dans un groupe de villes japonaises, neuf parcs éoliens totalisant 20 MW ont été achevés en 2007. Ces parcs éoliens appartenaient aux communautés et étaient, donc, financés par celles-ci. Par ailleurs, des collectes de fonds étaient en cours pour d'autres investissements. Un fonds d'investissement communautaire de plus de 200 millions de yens (2 millions de \$) pour le PV solaire et l'efficacité énergétique a été créé en 2005 à Iida City, dans la préfecture de Nagano. En Espagne, une centrale de PV solaire de 10 MW est en activité depuis 2007. La centrale appartient à quelque 750 habitants de la municipalité de Milagro, en Navarre, et contribue pour une large part (60%) aux énergies renouvelables entrant dans l'approvisionnement en électricité de la province.

Les autorités municipales unissent leurs forces pour partager les ressources et prendre des engagements communs par le biais d'associations ou de réseaux de soutien. Par exemple, l'Accord mondial des maires et gouvernements locaux pour la protection du climat a été lancé en décembre 2007, lors de la Conférence des Nations Unies sur les changements climatiques, à Bali, en Indonésie. Les signataires acceptent de mesurer et de rendre compte des réductions annuelles des émissions de gaz à effet de serre, énergies renouvelables comprises, avec comme objectif de réduire les émissions mondiales de gaz à effet de serre de 60 % d'ici à 2050, par rapport au niveau de 1990. Cet accord en a suivi plusieurs autres, tels que l'Accord des maires des Etats-Unis pour la protection du climat, qui cible une réduction de 7 % d'ici à 2012, par rapport au niveau de 1990, et regroupe aujourd'hui plus de 700 villes des Etats-Unis. Il existe beaucoup d'associations ou d'initiatives aux objectifs similaires, telles que le Conseil mondial des maires sur les changements climatiques, l'Initiative européenne pour les cités solaires, le Programme australien « Initiative pour les cités solaires », l'Initiative internationale pour les cités solaires, l'Initiative de l'ICLEI sur les communautés modèles locales renouvelables et la campagne de l'ICLEI "Villes pour la protection climatique".⁶⁵

5. L'ENERGIE RURALE RENOUVELABLE (HORS RESEAU)

Les applications les plus répandues de l'énergie rurale renouvelable (hors réseau) concernent la cuisine, l'éclairage et d'autres petits besoins liés à l'électricité, la force motrice de procédé, le pompage de l'eau, le chauffage et la réfrigération. Ces applications sont décrites dans le Tableau 4 (page 34), qui regroupe des applications et des technologies dites de "première génération", ou "traditionnelles" (par exemple, la biomasse non transformée et l'énergie hydraulique à petite échelle) et des applications et des technologies de "deuxième génération" (par exemple, l'éolienne, le PV solaire, la gazéification de biomasse et l'énergie pico-hydraulique). Même si, en matière de développement, une grande part de l'attention a mis l'accent sur les technologies de deuxième génération, les professionnels du développement rural rappellent invariablement aux communautés du développement et des énergies renouvelables l'importance constante des technologies de première génération, notamment dans les pays les moins développés. La présente section aborde certaines des applications de l'énergie rurale tirées du Tableau 4, avant d'examiner la politique d'électrification rurale.⁶⁶

Les applications "traditionnelles" se réfèrent principalement à la combustion du bois de feu, aux déchets (résidus) agricoles et forestiers, au fumier et aux autres combustibles à base de biomasse non transformée utilisés pour la cuisson, le chauffage et d'autres besoins en chaleur de procédé. Une partie de la biomasse est transformée en charbon et vendue sur les marchés. Dans beaucoup de pays en développement, la biomasse représente une part importante de l'approvisionnement total en énergie primaire. En 2001, cette part était de 49 % en Afrique, de 25 % en Asie et de 18 % en Amérique latine. Dans certains pays africains, cette proportion est nettement plus élevée: par exemple, 90 % en Guinée et au Niger et 80 % au Mali. En 2000, les ménages d'Afrique sub-saharienne ont consommé presque 470 millions de tonnes de combustibles ligneux (0,72 tonnes par habitant), sous forme de bois et de charbon. En comparaison, l'Inde et la Chine réunies en ont consommé 340 millions de tonnes. En Afrique sub-saharienne, le bois ou les résidus de cultures constituent la principale source d'énergie domestique pour 94 % des ménages ruraux et 41 % des ménages urbains. Le charbon est la principale source d'énergie domestique pour 4 % des ménages ruraux et 34 % des ménages urbains. Quant au kérosène, il représente la principale source d'énergie domestique pour 2 % des ménages ruraux et 13 % des ménages urbains.⁶⁷

Les coûts et les impacts sur la santé de l'utilisation de la biomasse traditionnelle (et les avantages correspondants des fourneaux améliorés alimentés à la biomasse et autres technologies) dépassent la portée du présent rapport, mais n'en restent pas moins significatifs. La plus grande partie du combustible à base de biomasse est collectée en-dehors de l'économie commerciale, le temps passé à la collecte représentant une dépense importante non monétaire, surtout pour les femmes. Les chercheurs Majid Ezzati et

Daniel Kammen, dans une étude complète de la littérature en la matière, déclarent que "les estimations conservatrices de la mortalité mondiale résultant de l'exposition à la pollution intra-domiciliaire générée par les combustibles solides montrent qu'en 2000, entre 1,5 et 2 millions de décès ont été attribués à ce facteur de risque, ce qui représente 3-4 % de la mortalité totale à travers le monde".⁶⁸

Cuisson des aliments : fourneaux améliorés à biomasse

Les fourneaux améliorés alimentés à la biomasse réduisent de 10 à 50% la consommation de biomasse à cuisson égale et peuvent améliorer nettement la qualité de l'air intra-domiciliaire, de même que réduire les émissions de gaz à effet de serre. Les fourneaux améliorés sont surtout produits et commercialisés en Chine et en Inde, où les gouvernements encouragent leur utilisation, ainsi qu'au Kenya, où un vaste marché commercial s'est développé. Il existe aujourd'hui 220 millions de fourneaux améliorés utilisés à travers le monde du fait d'une variété de programmes publics et de marchés privés florissants, ces vingt dernières années. On peut comparer ce nombre aux quelque 570 millions de ménages dans le monde qui dépendent de la biomasse traditionnelle comme principal combustible pour la cuisine. En Chine, les 180 millions de fourneaux améliorés existants représentent aujourd'hui environ 95 % de ces ménages. En Inde, les 34 millions de fourneaux améliorés représentent environ 25 % de ces ménages.⁶⁹

En Afrique, les efforts en termes de recherche, de diffusion et de commercialisation déployés ces dernières décennies ont permis l'introduction d'un éventail de fourneaux à charbon améliorés (et, aujourd'hui, au bois). Nombre de ces modèles de fourneaux, de même que les programmes et les politiques qui ont soutenu leur commercialisation, ont connu un franc succès associés à des réseaux de fabricants, de distributeurs et de détaillants. Les organisations non-gouvernementales ainsi que les petites entreprises continuent à promouvoir et à commercialiser ces fourneaux. L'Afrique compte aujourd'hui plus de 8 millions de fourneaux améliorés. Le Kenya est en première position, avec plus de 3 millions de fourneaux. On trouve le fourneau kenyan Jiko en céramique (KCJ) dans plus de la moitié des ménages urbains et dans quelque 16 à 20 % des ménages ruraux du Kenya. Les fourneaux améliorés de modèle KCJ sont aussi largement utilisés en Afrique sub-saharienne, y compris au Burkina Faso, au Burundi, en Ethiopie, au Ghana, au Mali, au Rwanda, au Sénégal, au Soudan, en Tanzanie et en Ouganda. Tous modèles confondus, il existe aujourd'hui au moins 3 millions de fourneaux améliorés en Ethiopie, 1,3 millions en Afrique du Sud, 250 000 au Sénégal, 200 000 au Niger comme au Burkina Faso, 170 000 en Ouganda, 150 000 au Ghana et un nombre significatif en Erythrée, en Tanzanie et au Zimbabwe. Au Soudan, 100 000 fourneaux améliorés (connus localement sous le nom de fourneaux Tara) ont été diffusés

Tableau 4. Applications communes d'énergie renouvelable en milieu rural (hors réseau)

Services Energétiques	Applications d'Énergie Renouvelable	Combustibles Conventionnels
Cuisson (ménages, fourneaux et fours commerciaux)	<ul style="list-style-type: none"> combustion directe de biomasse (bois, pertes/déchets de récolte, déchets de forêt, fumier, charbon de bois, et autres formes) biogaz provenant d'un digesteur domestique cuisseurs solaires 	GPL, kérosène
Eclairage et autres petits besoins électriques (maisons, écoles, éclairage public, télécommunication, outils, conservation de vaccins)	<ul style="list-style-type: none"> hydro-électricité (pico, micro, petit) biogaz provenant d'un digesteur domestique petit générateur de gaz de biomasse avec moteur à gaz mini réseaux (villages) et systèmes hybrides solaire/éolien systèmes solaire domestique 	Bougies, kérosène, piles, batterie centrale à rechargement, générateurs diesel
Force motrice (petite industrie)	<ul style="list-style-type: none"> petite hydro avec moteur électrique production d'électricité à partir de la biomasse et moteur électrique gazéification de biomasse par moteur à gaz 	moteurs et générateurs diesel
Pompage d'eau	<ul style="list-style-type: none"> pompe mécanique éolienne pompe solaire 	pompes diesel
Chauffage et refroidissement (séchage de récolte et toute autre utilisation agricole, eau chaude)	<ul style="list-style-type: none"> combustion directe de biomasse biogaz provenant des petits et moyens digesteurs séchage solaire des récoltes chauffe-eau solaire production de glace pour la conservation des aliments 	GPL, kérosène, générateurs diesel

parmi les déplacés internes dans la région du Darfour et il est prévu de porter ce nombre à 300 000.

Au moins un tiers des pays africains ont des programmes en faveur des fourneaux à biomasse améliorés et beaucoup plus se sont engagés à encourager le développement de cette technologie, à diffuser l'information, à favoriser des projets et, plus généralement, à promouvoir l'accès à une énergie moderne pour la cuisson des aliments des populations rurales qui utilisent aujourd'hui de la biomasse traditionnelle. Il s'agit notamment du Botswana, du Malawi, de la Namibie, du Swaziland, de la Tanzanie, de l'Ouganda et de la Zambie. Plus récemment, en 2007, l'Ouganda a annoncé un objectif portant sur l'augmentation du nombre de fourneaux améliorés, pour arriver à 4 millions d'ici à 2017.

En outre, le Forum des ministres africains de l'Énergie s'est largement engagé à assurer, dans les 10 années à venir, l'accès des ménages ruraux africains à des services énergétiques modernes, tels que des fourneaux améliorés. La Communauté économique des États d'Afrique de l'Ouest s'est engagée à fournir une énergie moderne pour la cuisine à l'ensemble de la population rurale, soit plus de 300 millions de personnes. Quant au Maroc, il s'est engagé à introduire 1 million de fourneaux améliorés d'ici à 2015.

La cuisine et l'éclairage : les digesteurs de biogaz

Quelque 25 millions de ménages dans le monde tirent l'énergie nécessaire à leur éclairage et à la cuisine du biogaz produit dans des unités à l'échelle domestique (appelés digesteurs anaérobie). Ce chiffre comprend 20 millions de ménages en Chine, 3,9 millions de ménages en Inde et

150 000 ménages au Népal. En plus de fournir l'énergie nécessaire à l'éclairage et à la cuisine, le biogaz a amélioré de manière indirecte les conditions de vie des ménages ruraux. Par exemple, l'analyse des avantages du biogaz au Népal montre une réduction de la charge de travail des femmes et des filles de trois heures par jour et par ménage, des économies annuelles de kérosène de 25 litres par ménage et des économies annuelles de bois de feu, de déchets agricoles et de fumier de 3 tonnes par ménage.⁷⁰

En Chine, le biogaz domestique pour l'éclairage et la cuisine des ménages ruraux constitue une pratique très répandue. Un digesteur typique, de 6 à 8 mètres cubes, produit 300 mètres cubes de biogaz par an et coûte entre 1500 et 2000 RMB (200-250 \$), selon la province. Les digesteurs étant une technologie simple, ils peuvent être fournis par de petites entreprises locales ou construits par les agriculteurs eux-mêmes. En 2006, le gouvernement chinois a alloué 2,5 millions de RMB (320 millions de \$) sous forme de subventions pour les digesteurs de biogaz (environ 800-1200 RMB, soit 110-160 \$, par unité). Certains analystes estiment qu'aujourd'hui, plus d'un million de digesteurs de biogaz est produit chaque année en Chine et le gouvernement a fixé des objectifs de 30 millions de digesteurs d'ici à 2010 et de 45 millions d'ici à 2020. Au-delà de l'échelle domestique, quelques milliers d'usines de biogaz à moyenne et à grande échelle étaient en activité en Chine, un récent programme d'action sur le biogaz prévoyant d'accroître le nombre de ces usines.

En Inde, le ministère des Énergies nouvelles et renouvelables encourage les unités domestiques de biogaz depuis le début des années 1980. Il fournit des subventions et un financement à la construction et à l'entretien d'unités de

biogaz, à la formation, à la sensibilisation de la population, à des centres techniques et au soutien des agences d'exécution locales. La célèbre « Khadi and Village Industries commission » soutient également les unités de biogaz. Le Népal accordait des subventions de 75 % aux unités de biogaz à l'échelle familiale, conjointement avec le Programme de soutien du biogaz/SNV, dans le cadre duquel 60 entreprises privées de biogaz ont augmenté leurs capacités techniques et commerciales; 100 organismes de micro-crédit ont accordé des prêts; des normes de qualité ont été adoptées et un organisme permanent de facilitation du marché a été créé.

Électricité, chaleur et force motrice : la gazéification de la biomasse

La gazéification thermique de la biomasse à petite échelle est une technologie commerciale en pleine expansion dans certains pays en développement, notamment en Chine et en Inde. Le gaz issu d'un gazogène peut être brûlé directement à des fins calorifiques ou utilisé dans des turbines ou des moteurs à gaz pour produire de l'électricité et/ou de la force motrice. Dans quelques provinces chinoises, le biogaz issu de gazogènes thermiques fournit aussi un combustible utilisé pour la cuisson par le biais d'un réseau de distribution par conduites. La capacité totale des gazogènes en Inde était estimée à 35 MW en 2002 et 10 fabricants vendaient des petits gazogènes accompagnés de moteurs. Aux Philippines, les gazogènes sont couplés à des moteurs diesel mixtes et utilisés pour l'usinage du riz et l'irrigation, depuis les années 1980. Des gazogènes ont également fait l'objet de projets-pilotes en Indonésie, au Sri Lanka et en Thaïlande.

En Inde, des projets liés à la gazéification de la biomasse pour la production et la transformation de la soie et d'autres textiles ont été expérimentés sur une base commerciale, avec des entrepreneurs locaux et des périodes d'amortissement de seulement un an. Le séchage d'épices (cardamome) au moyen de gazogènes permet d'obtenir un produit de meilleure qualité avec un temps de séchage plus court. Plus de 85 % des bénéficiaires sont de petits producteurs qui possèdent moins de deux hectares. Le séchage du caoutchouc présente aussi des périodes d'amortissement inférieures à un an. Les gazogènes servent également à sécher les briques avant de les cuire au four. L'utilisation d'un gazogène diminue la consommation de combustible et la quantité de fumée associée, réduit le temps de séchage (productivité accrue), tout en améliorant les conditions de travail. En 2006, l'Inde avait généré 70 MW à partir de systèmes de gazéification de biomasse à petite échelle pour la production d'énergie rurale (hors réseau).

Électricité: mini réseaux / systèmes hybrides à l'échelle du village

Les mini-réseaux à l'échelle du village peuvent alimenter plusieurs douzaines ou centaines de ménages. Habituellement, les mini réseaux installés dans des zones reculées ou sur des îles sont alimentés par des génératrices diesel ou de

l'énergie hydraulique à petite échelle. La production électrique à partir de PV solaire, d'énergie éolienne ou de biomasse, souvent sous forme de combinaisons hybrides incluant des batteries et/ou une génératrice diesel supplémentaire, constitue peu à peu une alternative au modèle traditionnel, notamment en Asie. Des dizaines de milliers de mini-réseaux existent en Chine, principalement à base d'énergie hydraulique à petite échelle, tandis qu'on en compte des centaines ou des milliers en Inde, au Népal, au Vietnam et au Sri Lanka. L'utilisation des technologies éolienne et PV solaire dans des mini réseaux et des systèmes hybrides reste de l'ordre d'un millier de systèmes à travers le monde, installés pour la plupart en Chine depuis 2000. Le « Programme d'électrification des villages », mis en œuvre en Chine entre 2002 et 2004, a permis l'électrification à 1,5 millions d'habitants des zones rurales, répartis dans 1000 villages (environ 300 000 ménages) de bénéficier de l'électricité, à partir de PV solaire, de systèmes hybrides PV solaire/éolienne et de petits systèmes à base d'énergie hydraulique. Entre 2002 et 2004, plus de 700 villages ont été dotés de stations PV solaires à l'échelle du village d'environ 30–150 kW (quelque 15 MW au total). Certaines de ces installations étaient des systèmes hybrides comportant de l'énergie éolienne (environ 800 kW d'énergie éolienne au total). L'Inde, deuxième pays en termes de systèmes de production d'énergie à l'échelle du village, compte 550 kW de systèmes hybrides solaire/éolienne installés, qui alimentent quelques milliers de ménages dans plusieurs dizaines de villages.

Pompage de l'eau : L'énergie éolienne et solaire PV

Les énergies PV solaire et éolienne utilisées pour le pompage de l'eau (pour l'irrigation comme pour l'eau potable) sont de mieux en mieux acceptées et le nombre de projets et d'investissements à cet égard est en nette augmentation. Environ 1 million de pompes à éoliennes mécaniques sont utilisées pour pomper l'eau, principalement en Argentine, après plusieurs décennies de développement. De très nombreuses pompes à éoliennes sont également employées en Afrique, notamment en Afrique du Sud (300 000), en Namibie (30 000), au Cap Vert (800), au Zimbabwe (650) et dans plusieurs autres pays (2000 de plus). Il existe aujourd'hui plus de 50 000 pompes PV solaires à travers le monde, dont beaucoup en Inde. Plus de 4000 pompes solaires (comprises entre 200 et 2000 watts) ont récemment été installées en milieu rural, dans le cadre du Programme de pompage de l'eau à partir de PV solaire. Mille pompes à eau solaires seraient utilisées en Afrique de l'Ouest. Des programmes entrepris par des donateurs et portant sur le pompage d'eau potable à partir d'énergie PV sont nés Argentine, au Brésil, en Indonésie, en Jordanie, en Namibie, au Niger, aux Philippines, en Tunisie et au Zimbabwe, entre autres. Un nombre croissant de projets commerciaux de pompage d'eau potable à partir d'énergie PV, comprenant le pompage et la purification ont vu le jour ces dernières années, principalement en Inde, aux Maldives et aux Philippines.

Electricité: Les systèmes solaires domestiques et communautaires

En 2007, plus de 2,5 millions de foyers dans les pays en développement étaient approvisionnés en électricité à partir de systèmes solaires domestiques. La principale croissance a été enregistrée dans quelques pays asiatiques (le Bangladesh, la Chine, l'Inde, le Népal, le Sri Lanka et la Thaïlande), où le problème d'accessibilité a été résolu soit par le biais du micro-crédit, soit par la vente de petits systèmes au comptant et où des programmes émanant du gouvernement et de bailleurs internationaux ont soutenu le marché. Dans chacun de ces pays, des centaines ou des milliers de nouvelles installations domestiques ont été enregistrées chaque mois ces dernières années. La Chine représente de loin le marché le plus important, avec plus de 400 000 nouveaux systèmes. Au Bangladesh, plus de 150 000 ménages sont aujourd'hui équipés de systèmes solaires domestiques et 7000 s'y ajoutent tous les mois. En dehors de l'Asie, les autres marchés importants incluent le Kenya, le Mexique et le Maroc. Les programmes d'un certain nombre de pays d'Amérique latine pourraient décaler la croissance des systèmes solaires domestiques vers cette région, si les approches prometteuses en termes d'accessibilité, incluant les subventions publiques et/ou des modèles fondés sur une rémunération à la tâche, se poursuivent. L'éclairage public solaire constitue une autre application croissante, avec 55 000 lampadaires solaires installés en Inde. L'électricité solaire pour les écoles rurales, les cliniques et les bâtiments communautaires s'est également développée.⁷¹

L'Afrique ayant de très faibles taux d'électrification rurale et un bas revenu par habitant, a connu une croissance plus lente en termes de systèmes solaires domestiques, à l'exception de quelques pays. Toutefois, on comptait au moins un demi-million de systèmes installés en Afrique. Le Kenya possède 200 000 systèmes et enregistre une croissance continue du marché, alimentée par la vente au comptant de petits modules aux ménages des zones rurales et péri urbaines. L'Afrique du Sud compte 150 000 systèmes et des quantités moins importantes existent dans plusieurs autres pays. L'Ouganda a lancé un programme décennal qui cible les systèmes solaires domestiques et d'autres utilisations productives pour l'industrie à petite échelle, l'éducation et la santé. D'autres pays, comme le Mali, le Sénégal et la Tanzanie, essayaient d'accorder des subventions limitées aux énergies renouvelables rurales, telles que les systèmes solaires domestiques. Au Maroc, les programmes de PV solaire mis en oeuvre par les services public et les concessions sur la base d'une rémunération à la tâche ont permis l'installation de plus de 37 000 systèmes dans des milliers de villages. Un autre programme est également en cours, prévoyant 80 000 systèmes supplémentaires, et un objectif de 150 000 systèmes d'ici à 2010 a été fixé dans le cadre de la planification de l'électrification rurale.

Autres usages productifs de la chaleur et de l'électricité

Les utilisations productives de la chaleur et de l'électricité pour l'industrie à petite échelle, l'agriculture, les télécommunications, la santé et l'éducation dans les zones rurales suscitent une attention croissante en ce qui concerne l'application de technologies à base d'énergies renouvelables modernes. Parmi les exemples d'applications industrielles, on peut citer la production de soie, la fabrication de briques, le séchage du caoutchouc, la production artisanale, la couture, le soudage et le travail du bois. Pour ce qui est des applications liées à la transformation de produits agricoles et alimentaires, il peut s'agir par exemple de l'irrigation, du séchage des aliments, du broyage et de la moulure des céréales, des fourneaux et des fours, de la fabrication de glace, d'enclos pour le bétail et de la réfrigération du lait. Les applications dans le domaine de la santé incluent la réfrigération des vaccins et l'éclairage. Les applications en termes de communications comprennent le cinéma du village, le téléphone, les ordinateurs et la radiodiffusion. D'autres applications communautaires incluent l'éclairage des écoles et des rues et la purification de l'eau potable. Malgré cette diversité d'applications potentielles, les projets existants restent des projets expérimentaux à petite échelle. Cependant, les approches en matière de financement de petites et de moyennes entreprises rurales engagées dans le commerce d'activités productrices à base d'énergies renouvelables, ont suscité un intérêt considérable ces dernières années et ont bénéficié du financement de banques commerciales et de bailleurs internationaux.

Même si les applications de l'électricité renouvelable pour l'éclairage, le pompage de l'eau, la réfrigération médicale et la force motrice commencent à susciter plus d'intérêt, l'application des énergies renouvelables modernes aux besoins en termes de chauffage reste nettement moins abordée ou mise en oeuvre. Les combustibles à base de biomasse traditionnelle sont employés pour produire de la chaleur et des services liés à la chaleur, comme la cuisson, le chauffage par convection, le séchage des cultures, le rôtissage, les fours ou la transformation des produits dans l'industrie agro-alimentaire. Les applications liées au chauffage solaire et aux technologies avancées à base de biomasse commencent seulement à attirer l'attention de la communauté du développement. Les gouvernements des pays en développement mettent aussi un accent accru sur ces secteurs. Le gouvernement indien, par exemple a lancé des programmes destinés à promouvoir la biomasse à des fins d'électricité, de chaleur et de force motrice dans les zones rurales, y compris la combustion, la co-génération et la gazéification. Ces programmes énergétiques ruraux ciblent tous types de ménages, de communautés et de besoins productifs dans des centaines de districts ruraux.

Politiques et programmes d'électrification rurale

Les politiques et les programmes d'électrification rurale, de même que les programmes des bailleurs internationaux, se sont servis des énergies renouvelables comme d'un complément aux stratégies "d'accès", alimentant ainsi des pourcentages croissants de populations rurales privées d'accès aux réseaux électriques centraux. On estime que 350 millions de ménages à travers le monde seraient toujours privés d'un tel accès. En Afrique, la part des populations rurales ayant accès à l'électricité est extrêmement faible dans de nombreux pays, par exemple de 24 % en Côte d'Ivoire et au Ghana, de 16 % au Sénégal, de 5 % au Kenya et au Mali et de 2 % en Zambie. Les principales options d'électrification incluent l'extension du réseau électrique, des génératrices diesel raccordées à des mini réseaux, des énergies renouvelables raccordées à des mini réseaux (utilisant de l'énergie hydraulique mini et micro, de l'énergie solaire, de l'énergie éolienne et/ou de la gazéification de biomasse, parfois combinée à du diesel), et des énergies renouvelables à l'échelle domestique (à l'aide d'énergie micro et pico-hydraulique, de systèmes solaires domestiques et de petites éoliennes). Le coût de l'extension du réseau électrique traditionnel est souvent prohibitif. Au Kenya, par exemple, le coût moyen d'un nouveau raccordement pour un ménage rural est sept fois plus élevé que le revenu national par habitant.

L'intérêt d'utiliser des technologies d'origine renouvelable pour fournir de l'électricité aux zones rurales et isolées en tant qu'alternative rentable à l'extension du réseau électrique, gagne du terrain dans de nombreux pays en développement. Les programmes d'électrification rurale dans plusieurs pays, notamment en Amérique latine, incorporent de manière explicite des investissements à grande échelle dans des systèmes solaires domestiques pour certains des ménages en attente d'électrification. Les gouvernements reconnaissent les zones géographiques rurales où l'extension du réseau électrique n'est pas rentable et votent des politiques explicites et des subventions en faveur des énergies renouvelables dans ces zones, pour compléter les programmes d'électrification par extension des lignes. C'est le cas dans le monde entier. Le Brésil a prévu d'électrifier 2,5 millions de ménages d'ici à 2008, dans le cadre de son programme "Luz para Todos", et a ciblé 200 000 de ces ménages, soit environ 10 %, qui seront alimentés en énergies renouvelables. En Chine, le "Programme d'électrification Communal" qui a été complété, en majeure partie, en 2004, a fourni de l'énergie d'origine renouvelable à 1 million d'habitants des zones rurales. Le "Programme d'électrification des villages isolés" du gouvernement indien a identifié 18 000 villages devant être électrifiés, en partie à l'aide de technologies d'origine renouvelable, telles que les gazogènes de biomasse. Le Sénégal a incorporé le PV solaire à ses efforts d'électrification rurale et a augmenté le taux d'électrification rurale de 3 %.

Plusieurs pays d'Amérique latine ont récemment lancé ou remodelé des programmes d'électrification rurale, dont la Bolivie, le Chili, le Guatemala, le Mexique, le Nicaragua et le Pérou. La plupart de ces pays ont tenté "d'intégrer" les énergies renouvelables en tant qu'option de base des nouveaux efforts d'électrification rurale. Le Chili, par exemple, a reconnu les énergies renouvelables comme une technologie-clé, en entamant la deuxième phase de son programme national d'électrification rurale. La Bolivie cible un accès de 50 % d'ici à 2015 et un accès total d'ici à 2025, incluant 25 000 systèmes solaires domestiques et de la micro-hydroélectricité (5-100 kW) pour des milliers de ménages. Le Honduras a annoncé un nouvel objectif d'accès universel, une partie des ménages devant être alimentés par le biais d'énergies renouvelables. Face à cette augmentation proportionnelle programmée des énergies renouvelables pour l'électrification rurale, les entités chargées de la réglementation et les entreprises de service public se sont rendu compte de la nécessité d'adopter rapidement des cadres législatifs et réglementaires. En effet, de nouvelles lois ou réglementations sont apparus ces dernières années en Argentine, en Bolivie, au Brésil, au Chili, en République dominicaine, au Guatemala et au Nicaragua.

En Asie, les exemples de pays dotés d'obligations explicites en termes d'énergies renouvelables à des fins d'électrification rurale incluent le Bangladesh, l'Inde, l'Indonésie, le Népal, les Philippines, le Sri Lanka, la Thaïlande et le Vietnam. Ainsi, les Philippines se sont lancées dans la mise en oeuvre d'une stratégie visant à atteindre une électrification rurale totale d'ici à 2009, incluant explicitement les énergies renouvelables à cette stratégie. Au cours de la période 2006-2007, l'Indonésie a alloué l'équivalent de 75 millions d'euros à l'électrification rurale à base de micro hydroélectricité, d'éolienne et de PV solaire, transitant par les gouvernements locaux. Le Sri Lanka projetait un accès à l'électricité pour 85 % de la population et subventionnait directement les systèmes solaires domestiques ruraux pour parvenir à cet objectif. Le pays compte aujourd'hui plus de 110 000 ménages équipés de systèmes solaires domestiques. Entre 2003 et 2006, la Thaïlande a électrifié 200 000 ménages par le biais de systèmes solaires domestiques hors réseau, parvenant à un taux d'électrification nationale de 100 %. Le Népal a achevé un programme d'électrification rurale concernant quelque 20 000 ménages, avec 170 projets de micro hydroélectricité. Quant au programme d'énergie rurale intégrée mis en oeuvre en Inde par le biais d'énergies renouvelables, il a porté sur plus de 300 districts et 2200 villages en 2006, avec des projets supplémentaires en cours d'exécution dans plus de 800 villages et 700 hameaux, répartis sur 13 Etats et territoires fédéraux. L'Inde a proposé d'augmenter l'éclairage, la cuisson et la force motrice d'origine renouvelable dans 600 000 villages à l'horizon 2032, en commençant par 10 000 villages isolés non électrifiés d'ici à 2012.

TABLEAUX DE REFERENCE

Tableau R1. Capacités supplémentaires et existantes d'énergie renouvelable

	Supplément en 2006	Existant en fin 2006
Production d'électricité (GW)		
Energie hydraulique à grande échelle	12-14	770
Eoliennes	15	74
Energie hydraulique à petite échelle	7	73
Biomasse	n/a	45
Géothermie	0,2	9,5
Solaire PV, connecté au réseau	1,6	5,1
Solaire PV, hors réseau	0,3	2,7
Concentration solaire thermique (CSP)	< 0,1	0,4
Marée motrice	~ 0	0,3
Eau chaude / chauffage (GWth)		
Chauffage biomasse	n/a	235
Capteurs solaires pour l'eau chaude/ chauffage d'espace (vitré)	18	105
Chauffage géothermique	n/a	33
Carburant de Transport (milliards de litres / an)		
Production d'éthanol	5	39
Production de biodiesel	2,1	6

Source: Voir la note de fin 2.

Tableau R2. La puissance éolienne supplémentaire et existante, 10 principaux pays (MW)

Pays	Supplément en 2005	Existante en 2005	Supplément en 2006	Existante en 2006
Allemagne	1 810	18 420	2 230	20 620
Espagne	1 760	10 030	1 590	11 620
Etats-Unis	2 430	9 150	2 450	11 600
Inde	1 430	4 430	1 840	6 270
Danemark	20	3 120	10	3 140
Chine	500	1 260	1 350	2 600
Italie	450	1 720	420	2 120
Royaume-Uni	450	1 350	630	1 960
Portugal	500	1 020	690	1 720
France	370	760	810	1 570

Note: Puissance globale en 2006 : 15 GW supplémentaire, 74 GW cumulée/cumulative. Estimations globales pour 2007: 21 GW supplémentaire, 95 GW cumulée/cumulative. Source : Voir la note de fin 5.

Tableau R3. Programmes Solaires pour la connexion des toits solaires au réseau (MW)

Pays	Supplément 2002	Supplément 2003	Supplément 2004	Supplément 2005	Supplément 2006	Existante 2005	Existante 2006
Japon (Sunshine)	140	170	230	—	—	1250	1540
Japon (autre)	40	50	40	310	290		
Allemagne	80	150	600	860	830*	1900	2800*
Californie	—	—	47	55	70	220	320
Autres (Etats-Unis)	—	—	10	10	30		
Espagne	5	5	12	23	106	50	160
Autres (UE)	—	—	—	—	30	130	160
Corée du Sud	—	—	3	5	20	15	35
Autres (monde)	—	—	—	> 20	> 50	> 30	> 80
Supplément total	270	400	900	1250	1600		
Cumule						3500	5100

Note: SLes estimations pour 2007 se situent autour de 2,7 GW pour des installations récentes et autour de 7,8 GW pour des installations existantes (connectées au réseau seulement). Les chiffres sont approximatifs et vont faire l'objet de révision après l'obtention de nouvelles données. Des données sur la part du hors réseau au Japon et en Allemagne ne sont pas connues; les chiffres sur l'Allemagne sont sous estimés. On estime le chiffre du Japon à à 150 MW cumulé (état en 2005). Pour le Japon, les données se rapportent à l'année fiscale qui prend fin en Mars; les données de ce tableau se rapportent au calendrier annuel. Source : Voir la note de fin 8.

Tableau R4. Puissance d'Énergie Électrique Renouvelable, Existante en 2006 (GW)

Technologie	Total mondial	Pays développement	UE-25	Chine	Allemagne	Etats- Unis	Espagne	Inde	Japon
Énergie éolienne	74	10,1	48,5	2,6	20,6	11,6	11,6	6,3	1,6
Energie hydraulique à petite échelle	73	51	12	47	1,7	3,0	1,8	1,9	3,5
Energie de biomasse	45	22	10	2,0	2,3	7,6	0,5	1,5	> 0,1
Energie géothermique	9,5	4,7	0,8	~ 0	0	2,8	0	0	0,5
Energie solaire PV (connecté au réseau)	5,1	~ 0	3,2	~ 0	2,8	0,3	0,1	~ 0	1,5
Energie solaire thermique	0,4	0	~ 0	0	0	0,4	< 0,1	0	0
Energie (de marée) d'océan	0,3	0	0,3	0	0	0	0	0	0
Capacité totale d'énergie renouvelable (sans l'énergie hydraulique à grande échelle)	207	88	75	52	27	26	14	10	7
Pour la/En comparaison									
Energie hydraulique à grande échelle	770	355	115	100	7	95	17	35	45
Capacité totale d'énergie électrique	4300	1650	720	620	130	1100	79	140	290

Note: Les petites valeurs, de l'ordre de quelques mégawatts sont indiquées par "~0". Les puissances à base de biomasse, de grande hydro-électricité et les capacités totales d'électricité sont approximatifs. Les capacités totales de production d'électricité à partir des énergies renouvelables sont estimées à 240 GW en 2007. Source : Voir la note de fin 10.

Tableau R5. CLa capacité installée de chauffe-eau solaire, 10 principaux pays/à l'UE et au monde, 2005 et 2006

Pays /UE	Ajout 2005 (million m ²)	Existant 2005 (million m ²)	Ajout 2006 (million m ²)	Existant 2006 (million m ²)	Existant 2006 (GWth)
	Millions mètres carrés		gigawatts thermiques		
Chine	14,5	78	19,5	97	67,9
UE	2,0	16,0	3,0	19,3	13,5
Turquie	0,4	9,0	0,7	9,4	6,6
Japon	0,3	7,0	0,2	6,7	4,7
Israël	0,2	5,3	0,3	5,4	3,8
Brésil	0,4	2,7	0,4	3,1	2,2
Etats Unis	0,1	2,6	0,1	2,6	1,8
Australie	0,2	1,6	0,2	1,8	1,3
Inde	0,5	1,3	0,6	1,8	1,2
Jordanie	—	—	—	0,7	0,5
(Autres pays)	< 1	< 2	< 1	< 3	< 2
Total mondial	19	126	25	150	105

Note: Les données n'incluent pas le chauffage des piscines (collecteurs non vitrés). Les puissances sont estimées à 24 GW th additionnelles, ce qui augmenterait la valeur cumulative à 128 GWth en 2007. Les données existantes incluent les allocations des équipements hors usage. Par convention, 1 million m² = 0.7 GWth. Source : Voir la note de fin 12.

Tableau R6. Production de Biocarburants, 15 principaux pays plus UE, 2006 (milliard de litres)

Pays	Ethanol carburant	Biodiesel
1. Etats-Unis	18,3	0,85
2. Brésil	17,5	0,07
3. Allemagne	0,5	2,80
4. Chine	1,0	0,07
5. France	0,25	0,63
6. Italie	0,13	0,57
7. Espagne	0,40	0,14
8. Inde	0,30	0,03
9. Canada	0,20	0,05
9. Pologne	0,12	0,13
9. Rép, Tchèque	0,02	0,15
9. Colombie	0,20	0,06
13. Suède	0,14	—
13. Malaisie	—	0,14
15. Royaume-Uni	—	0,11
Total UE	1,6	4,5
Total mondial	39	6

Note: Les valeurs concernent uniquement le combustible éthanol; les données sur la production totale d'éthanol seront significativement plus importantes. Table des principaux producteurs de biocarburants. Source : Voir la note de fin 15 et 17 pour des détails.

Tableau R7. Part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie primaire et d'énergie finale, état de 2006 et objectifs.

Pays / région	Energie primaire (méthode AIE)		Energie finale (méthode EC)	
	Part existante (2006)	Objectif fixé	Part existante (2005-06)	Objectif fixé
Mondial	13%	—	18%	—
UE-25/UE-27	6,5%	12% d'ici à 2010	8,5%	20% d'ici à 2020
Pays de l'UE choisis				
Autriche	20%	—	23%	34 % d'ici à 2020
Rep. Tchèque	4,1%	8-10% en 2020	6,1%	13 % d'ici à 2020
Danemark	15%	30% d'ici à 2025	17%	30 % d'ici à 2020
France	6,0%	7% d'ici à 2010	10%	23 % d'ici à 2020
Allemagne	5,6%	4% d'ici à 2010	5,8%	18 % d'ici à 2020
Italie	6,5%	—	5,2%	17 % d'ici à 2020
Lettonie	36%	6% d'ici à 2010	35%	42 % d'ici à 2020
Lituanie	8,8%	12% d'ici à 2010	15%	23 % d'ici à 2020
Pays-Bas	2,7%	—	2,4%	14 % d'ici à 2020
Pologne	4,6%	14% d'ici à 2020	7,2%	15 % d'ici à 2020
Espagne	6,5%	12,1% d'ici à 2010	8,7%	20 % d'ici à 2020
Suède	28%	—	40%	49 % d'ici à 2020
Royaume-Uni	1,7%	—	1,3%	15 % d'ici à 2020
Autres pays développés /OCDE				
Canada	16%	—	20%	—
Japon	3,2%	—	3,2%	—
Corée	0,5%	5% d'ici à 2011	0,6%	—
Mexique	9,4%	—	9,3%	—
Etats-Unis	4,8%	—	5,3%	—
Pays en voie de développement				
Argentine	8,2%	—	—	—
Brésil	43%	—	—	—
Chine (*)	8%	15% d'ici à 2020	—	—
Egypte	4,2%	14% d'ici à 2020	—	—
Inde	31%	—	—	—
Indonésie	3%	15% d'ici à 2020	—	—
Jordanie	1,1%	10% d'ici à 2020	—	—
Kenya	81%	—	—	—
Mali	—	15% d'ici à 2020	—	—
Moroc (*)	4,3%	10% d'ici à 2010	—	—
Sénégal	40%	15% d'ici à 2025	—	—
Afrique du Sud	11%	—	—	—
Thaïlande (*)	4%	8% d'ici à 2011	—	—

Note: Le tableau n'inclut pas tous les pays ayant des objectifs en terme d'énergie primaire (Voir note de fin 43 pour les autres pays). Les objectifs de production d'énergie renouvelable à l'horizon 2020 dans les pays de l'UE ont été établis par la Commission européenne en janvier 2008. Ils doivent être vérifiés et confirmés par les Etats membres entre 2008 - 2009. (*) La part de l'énergie finale se réfère à 2005 pour les pays de l'UE et à 2006 pour le monde entier. Les objectifs fixés et les parts existants de la Chine, du Maroc et de la Thaïlande excluent la biomasse traditionnelle. Une partie des pays représentés dans le tableau poursuivent aussi des objectifs ultérieurs (Voir les tableaux R7 et R8 pour les pays non montrés). Source : Voir la note de fin 43.

Tableau R8. Part de l'électricité d'énergies renouvelables (état de 2006 et objectifs)

Pays/région	Part de l'existant (2006)	Objectifs fixés	Pays/région	Part de l'existant (2006)	Objectifs fixés
Mondial	18%	—	Autres pays développés /OCDE		
UE-25	14%	21% d'ici à 2010	Australie	7,9%	—
Pays de l'UE choisis			Canada	59%	—
Australie	62%	78% d'ici à 2010	Israël	—	5% d'ici à 2016
Belgique	2,8%	6,0% d'ici à 2010	Japon (*)	0,4%	1,63% d'ici à 2014
Rep. Tchèque	4,2%	8,0% d'ici à 2010	Corée	1,0%	7% d'ici à 2010
Danemark	26%	29% d'ici à 2010	Mexique	16%	—
Finlande	29%	31,5% d'ici à 2010	Nouvelle Zélande	65%	90% d'ici à 2025
France	10,9%	21% d'ici à 2010	Suisse	52%	—
Allemagne	11,5%	12,5% d'ici à 2010	Etats Unis	9,2%	—
Grèce	13%	20,1% d'ici à 2010	Pays en voie de développement		
Hongrie	4,4%	3,6% d'ici à 2010	Argentine (*)	1,3%	8% d'ici à 2017
Irlande	10%	13,2% d'ici à 2010	Brésil (*)	5%	—
Italie	16%	25% d'ici à 2010	Chine	17%	—
Luxembourg	6,9%	5,7% d'ici à 2010	Egypte	15%	20% d'ici à 2020
Pays-Bas	8,2%	9,0% d'ici à 2010	Inde	4%	—
Pologne	2,6%	7,5% d'ici à 2010	Malaisie	—	5% d'ici à 2005
Portugal	32%	45% d'ici à 2010	Moroc	10%	20% d'ici à 2012
République Slovaque	14%	31% d'ici à 2010	Nigéria	—	7% d'ici à 2025
Espagne	19%	29,4% d'ici à 2010	Pakistan	—	10% d'ici à 2015
Suède	49%	60% d'ici à 2010	Thaïland	7%	—
Royaume-Uni	4,1%	10% d'ici à 2010			

Note : Le tableau ne représente pas tous les pays ayant des objectifs en termes d'électricité, voir note de fin n°44 pour les pays non mentionnés. Tous les pays de l'UE ont des objectifs de part d'électricité d'origine renouvelable à l'horizon 2010, pas uniquement ceux indiqués dans le tableau. Une partie des pays représentés dans le tableau poursuivent également des objectifs ultérieurs (voir tableau R7 et R8). (*) Les données sur l'Argentine, le Brésil et le Japon ne couvrent pas l'énergie hydraulique à grande échelle. Si on incluait celle-ci, les valeurs s'élevaient à 35%, 75%, et 10%. Les valeurs au-dessus de 10% sont arrondies au prochain nombre entier. Les Etats-Unis et le Canada ont des objectifs à l'échelle des Etats ou provinces à travers les politiques RPS existantes. Voir tableau N° 11, *Source* : voir la note de fin 44.

Tableau R9. Autres objectifs en matière d'énergies renouvelables

Pays	Objectif(s)
Australie	9,5 TWh d'électricité par an d'ici à 2010 (RPS)
Brésil	3,3 GW supplémentaires en 2006 par l'éolienne, biomasse, énergie hydraulique à petite échelle.
Canada	3,5% à 15% de l'électricité dans 4 provinces (RPS); autres types de cibles dans 6 provinces.
Chine	300 GW d'énergie hydraulique, 30 GW d'éolienne, 30 GW de biomasse, 1,8 GW de PV, 300 millions m ² de chauffe-eau solaire d'ici à 2020
Croatie	400 MW d'ici à 2010, hors énergie hydraulique à grande échelle
Rep Dominicaine	500 MW capacité d'énergie éolienne d'ici à 2015.
Inde	10% de capacité supplémentaire d'électricité pendant 2003–2012 (/estimé à 10 GW); 10,5 GW d'énergie éolienne d'ici à 2012
Italie	3 GW de solaire PV d'ici à 2016
Iran	500 MW d'électricité produite d'ici à 2010
Corée	1,3 GW de solaire PV connecté au réseau d'ici à 2011, incluant 100,000 maisons à l'énergie solaire
Mexique	4 GW supplémentaires d'ici à 2014
Moroc	1 GW d'énergie éolienne d'ici à 2012 et 400,000 m ² supplémentaires de chauffe-eau solaire d'ici à 2015
Nouvelle Zélande	30 PJ de capacité supplémentaire (incluant chaleur et carburant) d'ici à 2012
Norvège	7 TWh en chaleur et éolienne en 2010
Philippines	4,7 GW de capacité totale d'ici à 2013
Singapour	50,000 m ² (~35 MWth) de chauffe-eau solaire d'ici à 2012
Afrique du Sud	10 TWh d'énergie supplémentaire finale d'ici à 2013
Suisse	3,5 TWh d'origine électrique et chaleur en 2010
Espagne	500 MW d'énergie solaire d'ici à 2010
Tunisie	500,000 m ² de chauffe-eau solaire d'ici à 2009 et 300 MW supplémentaires en éolienne d'ici à 2011
Turquie	2% d'énergie éolienne d'ici à 2010
Ouganda	100 MW d'énergie hydraulique à petite échelle et 45 GW d'énergie géothermique d'ici à 2017 ; d'autres objectifs qui portent sur l'alimentation en électricité des régions rurales et sur l'exploitation productive.
Etats-Unis	5% à 30% d'électricité dans 26 Etats et dans le district de Colombie (RPS)

Note: Il est possible que les pays figurant sur cette liste aient également des objectifs en énergie primaire ou en termes d'électricité. Voir tableaux 7 – 8. *Source :* compilation de l'ensemble des références disponible en matière de politiques d'ER et des propositions des co-auteurs du présent rapport. *Source :* Voir la note de fin 48.

Tableau R10. Nombre cumulé de Pays/Etats/Provinces qui ont établi des politiques de tarifs de rachat

Année	Nombre Cumulé	Pays / Etats / Provinces supplémentaire cette année
1978	1	Etats-Unis
1990	2	Allemagne
1991	3	Suisse
1992	4	Italie
1993	6	Danemark, Inde
1994	8	Espagne, Grèce
1997	9	Sri Lanka
1998	10	Suède
1999	13	Portugal, Norvège, Slovénie
2000	13	—
2001	15	France, Lettonie
2002	21	Algérie, Autriche, Brésil, République Tchèque, Indonésie, Lituanie
2003	28	Chypre, Estonie, Hongrie, Corée du Sud, Slovaquie, Maharashtra (Inde)
2004	34	Italie, Israël, Nicaragua, île-du-Prince-Edouard (Canada), Andhra Pradesh et Madhya Pradesh (Inde)
2005	41	Karnataka, Uttaranchal, et Uttar Pradesh (Inde); Chine; Turquie; Equateur; Irlande
2006	44	Ontario (Canada), Argentine, Thaïlande
2007	46	Australie du Sud (Australie), Croatie

Note : Les nombres cumulés se réfèrent au nombre de juridictions ayant adopté des politiques de tarifs de rachat, qui sont entrés en vigueur dans l'année respective. Depuis, un certain nombre des tarifs de rachat ont été annulés. Source : Toutes les références aux directives disponibles, y compris la base de données en ligne de l'AIE « Global Renewable Energy Policies and Measures », ainsi que des contributions des co-auteurs de ce rapport.

Tableau R11. Nombre cumulé des Pays/Etats/Provinces qui ont établi des politiques RPS (Renewable Portfolio Standard)

Année	Nombre Cumulé	Pays / Etats / Provinces supplémentaires cette année
1983	1	Iowa (Etats-Unis)
1994	2	Minnesota (Etats-Unis)
1996	3	Arizona (Etats-Unis)
1997	6	Maine, Massachusetts, Nevada (Etats-Unis)
1998	9	Connecticut, Pennsylvanie, Wisconsin (Etats-Unis)
1999	12	New Jersey, Texas (Etats-Unis); Italie
2000	13	Nouveau-Mexique (Etats-Unis)
2001	15	Flandre (Belgique), Australie
2002	18	Californie (Etats-Unis), ;Wallonie (Belgique) ; Royaume-Uni
2003	19	Japon, Suède, Maharashtra (Inde)
2004	34	Colorado, Hawaï, Maryland, New York, Rhode Island (Etats-Unis); Nova Scotia, Ontario, île-du-prince-Edouard (Canada); Andhra Pradesh, Karnataka, Madhya Pradesh, Orissa (Inde); Pologne
2005	38	District de Colombie, Delaware, Montana (Etats-Unis) ; Gujarat (Inde)
2006	39	Etat de Washington (Etats-Unis)
2007	44	Illinois, New Hampshire, Caroline du Nord, Oregon (Etats-Unis), Chine

Note : Les nombres cumulés se réfèrent au nombre des juridictions ayant adopté des politiques RPS, qui sont entrés en vigueur dans l'année respective. Les juridictions sont enregistrées dans l'année, où les directives ont été appliquées pour la première fois. Beaucoup d'entre elles ont encore été modifiées au cours des années suivantes. Source : Toutes les références aux directives disponibles, y compris la base de données en ligne de l'IEA « Global Renewable Energy Policies and Measures », ainsi que des contributions des co-auteurs de ce rapport. Voir Wisner et al. (2008) pour les directives de RPS aux Etats-Unis.

Tableau R12. Mandats pour les mélanges de biocarburants

Pays	Mandat
Australie	E2 en Nouveau Pays de Galle du Sud, en hausse à E10 d'ici à 2011; E5 dans le Queensland d'ici à 2010
Argentine	E5 et B5 d'ici à 2010
Bolivie	B2.5 d'ici à 2007 et B20 d'ici à 2015
Brésil	E22 à E25 existant (légère variation); B2 d'ici à 2008 et B5 d'ici à 2013
Canada	E5 d'ici à 2010 et B2 d'ici à 2012; E7.5 en Saskatchewan and Manitoba; E5 d'ici à 2007 en Ontario
Chine	E10 dans 9 provinces
Colombie	E10 existant ; B5 d'ici à 2008
R. Dominicaine	E15 et B2 d'ici à 2015
Allemagne	E2 et B4.4 d'ici à 2007; B5.75 d'ici à 2010
Inde	E10 dans 13 Etats / territoires
Italie	E1 et B1
Malaisie	B5 d'ici à 2008
Paraguay	B1 d'ici à 2007, B3 d'ici à 2008, et B5 d'ici à 2009
Pérou	Sur le plan national: B5 et E7.8 d'ici à 2010; au plan régional : 2006 (éthanol), 2008 (biodiesel)
Philippines	B1; E5 d'ici à 2008 et B2, E10 d'ici à 2011
Afrique du Sud	E8-E10 et B2-B5 (envisagé)
Thaïlande	E10 d'ici à 2007; 3% part de biodiesel d'ici à 2011
Royaume-Uni	E2.5/B2.5 en 2008; E5/B5 en 2010
Etats-Unis	Au plan national, 130 milliards de litres/an d'ici à 2022 (36 milliards de gallons); E10 en Iowa, en Hawaï, au Missouri, et au Montana; E20 au Minnesota; B5 au Nouveau-Mexique; E2, B2 dans l'état de Washington et en Louisiane; en Pennsylvanie 3,4 milliards de litres /an de biocarburants (0,9 milliards de gallons) d'ici à 2017.
Uruguay	E5 d'ici à 2014, B2 de 2008-2011 et B5 d'ici à 2012

Note: Le tableau indique les contraintes pour les fournisseurs de carburant; il y a d'autres pays ayant des fixé des objectifs mais qui ne sont pas indiqués ici; voir la section sur les politiques de biocarburants. Dans certains Etats américains les contraintes entrent en vigueur uniquement à certaines conditions dans le futur ou concernent seulement des parts du carburant vendu. Source : toutes les références politiques disponibles, y compris la base de données et de politiques de l'AIE en ligne « Global Renewable Energy Policies and Measures », ainsi que la contribution des co-auteurs de ce rapport.

GLOSSAIRE

Biodiesel: carburant pour véhicule destiné aux voitures, camions, bus et autres véhicules alimentés au diesel. Le biodiesel est produit à partir de cultures de graines oléagineuses, telles que le soja, le colza (canola) et la moutarde, ou à partir de toute autre source d'huiles végétales, comme les huiles de cuisson usées.

Digesteur de biogaz: il transforme les déchets animaux et végétaux en gaz utilisable pour l'éclairage, la cuisson des aliments, le chauffage et la production d'électricité.

Energie et chaleur à base de biomasse: production d'énergie et/ou de chaleur à partir de biomasse solide, qui inclut les déchets de produits forestiers, les résidus et les déchets agricoles, les cultures énergétiques et le composant organique des déchets solides municipaux et des déchets industriels. Sont également comprises l'énergie et la chaleur de procédé issues du biogaz.

Subsides reçus en capital ou subventions à la consommation: paiements exceptionnels par le gouvernement ou le service public afin de couvrir un pourcentage du coût du capital d'un investissement, tel qu'un système de chauffe-eau solaire ou un système PV solaire en toiture.

Ethanol: carburant pour véhicule fabriqué à partir de biomasse (généralement du maïs, du sucre de canne ou du blé) et pouvant remplacer l'essence ordinaire en faibles pourcentages ou être utilisé pur dans des véhicules spécialement modifiés à cette fin.

Tarif de rachat: politique qui fixe un prix garanti auquel les producteurs d'énergie peuvent vendre de l'énergie renouvelable au réseau électrique. Certaines politiques proposent un tarif fixe, tandis que d'autres offrent des primes fixes qui s'ajoutent aux tarifs du marché ou tarifs liés aux coûts.

Energie et chaleur géothermiques: énergie calorifique émise par la Terre, habituellement sous forme d'eau ou de vapeur chaude, pouvant être utilisée pour produire de l'électricité ou de la chaleur directe pour les bâtiments, l'industrie et l'agriculture.

Energie verte: achat volontaire d'électricité renouvelable par des clients résidentiels, commerciaux, gouvernementaux ou industriels, directement auprès de compagnies de service public, auprès d'un producteur tiers d'énergie renouvelable, ou par l'échange de certificats verts (REC).

Crédit d'impôt à l'investissement: permet aux investissements dans les énergies renouvelables d'être totalement ou partiellement déduits des obligations fiscales ou du revenu.

Energie hydraulique à grande échelle: électricité produite à partir du courant descendant d'une rivière, généralement équipée d'un barrage. L'énergie hydraulique à grande échelle se caractérise habituellement par un réservoir important et par une production supérieure à 10 mégawatts, la définition pouvant varier d'un pays à l'autre.

La biomasse moderne: technologies à base de biomasse autres que celles définies pour la biomasse traditionnelle, telles que la cogénération d'énergie et de chaleur à partir de biomasse, la gazéification de la biomasse, les digesteurs anaérobies de biogaz et les biocarburants liquides pour véhicule.

Comptage net: permet un flux électrique à double sens entre le réseau de distribution d'électricité et les clients qui assurent leur propre production. Le client ne paie que l'électricité nette utilisée.

Crédit d'impôt à la production: offre à l'investisseur ou au propriétaire d'une installation éligible un crédit d'impôt annuel fondé sur la quantité d'électricité produite par cette installation.

Objectif de production d'énergies renouvelables: engagement, programme ou objectif d'un pays visant à atteindre un certain niveau d'énergies renouvelables à une date à venir donnée. Certains objectifs de production relèvent d'une loi, tandis que d'autres sont fixés par des organismes de contrôle ou des ministères.

Normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique (Renewables Portfolio Standards, ou RPS), également appelées obligations vertes ou systèmes de quotas: normes d'après lesquelles un pourcentage minimal de la production électrique vendue ou de la puissance installée doit provenir d'énergies renouvelables. Les services publics de réseau soumis à l'obligation d'achat doivent s'assurer que l'objectif est atteint.

Petite/mini/micro/pico-hydraulique: petites installations produisant de l'énergie à partir du courant, généralement sans grand réservoir. Le préfixe employé définit l'échelle.

Système solaire domestique: panneau solaire en toiture, batterie et contrôleur de charge pouvant fournir de petites quantités d'énergie aux foyers ruraux non raccordés au réseau électrique.

Eau chaude/chauffage solaire: collecteurs solaires en toiture qui chauffent l'eau et la stockent dans un réservoir pour approvisionner l'habitation en eau chaude ou en chauffage par convection.

Panneau/module/cellule photovoltaïque solaire (PV): convertit le rayonnement solaire en électricité. Les cellules constituent les composantes de base, assemblées ensuite pour former des modules et des panneaux.

Certificats verts ou certificats d'énergie renouvelable (REC ou TRC): chaque certificat représente la production certifiée d'une unité d'énergie renouvelable (généralement un mégawatt/heure). Les certificats constituent un outil d'échange et permettent de remplir les conditions des obligations vertes entre consommateurs et/ou producteurs. Ils permettent aussi l'achat volontaire d'énergie verte.

Biomasse traditionnelle: biomasse non transformée, y compris les déchets agricoles, les déchets de produits forestiers, le bois de feu collecté et le fumier animal, lesquels sont brûlés dans des foyers ou dans des fourneaux pour fournir de l'énergie calorifique destinée à la cuisson des aliments, au chauffage et à la transformation agricole et industrielle, généralement en milieu rural.

NOTES DE FIN

Informations complémentaires et sources des données

La présente édition 2007 du rapport fait suite à deux éditions antérieures, de 2005 et 2006 (le Renewables 2005 Global Status Report et le Renewables Global Status Report, mise à jour de 2006). Par souci de concision, les présentes notes mettent en lumière les réflexions et les détails les plus importants et renvoient le lecteur à d'autres informations et sources, dont les Annexes à cette édition 2007, les notes de fin des pages 1 à 43 de l'édition de 2006 et les Notes N1 à N44 de l'édition de 2005 (qui figurent dans le document distinct de 80 pages intitulé «Renewables 2005 Global Status Report : Notes and References Companion Document»). La liste complète des références des trois éditions 2005-2007 apparaît dans le document « Renewables 2007 Global Status Report : References ». Tous ces documents peuvent être consultés sur le site internet de REN21 : www.ren21.net.

La plupart des chiffres se rapportant à la capacité, à la croissance et à l'investissement mondiaux figurant dans le présent rapport ne sont pas exacts, mais sont des approximations au centième près. Lorsque cela s'avère nécessaire, on effectue une triangulation des informations contradictoires, partiales ou plus anciennes, sur la base d'hypothèses et de tendances de croissance. L'édition originale du rapport de 2005 a puisé dans plus de 250 références publiées, sans compter divers bulletins d'information électroniques, de nombreuses contributions non publiées émanant de collaborateurs, des communications personnelles et des sites internet. L'édition 2006 et la présente édition 2007 y ajoutent beaucoup d'autres sources. Il n'y a généralement pas eu de source d'information unique pour quelque fait mondial que ce soit, dans la mesure où la plupart des sources existantes ne communiquent des données que sur les pays développés (OCDE) ou au plan régional ou national, comme c'est le cas de l'Europe ou des Etats-Unis, même si des sources mondiales sont apparues ces dernières années pour l'énergie éolienne, le PV solaire, l'eau chaude solaire et le biodiesel. Certains agrégats mondiaux doivent être composés de manière ascendante, en faisant la somme des informations de chaque pays. Le matériel couvrant les pays en développement en tant que groupe s'avère très rare. Les données concernant les pays en développement ont souvent quelques années de retard par rapport à celles portant sur les pays développés, si bien que des extrapolations du présent doivent être réalisées à partir de données plus anciennes, fondées sur des taux de croissance supposés et historiques. C'est l'une des raisons pour lesquelles on a préféré des données en termes de capacité (kilowatts) à des données en termes d'énergie (kilowatts-heure), l'expansion de la capacité étant plus facile à extrapoler que la production d'énergie et moins sujette aux variations saisonnières et annuelles qui caractérisent de nombreuses formes d'énergies renouvelables (les autres raisons sont que les données en termes de capacité traduisent mieux les tendances des investissements dans le temps, la capacité étant d'habitude directement proportionnelle à l'investissement, ce qui n'est pas le cas de la production d'énergie. Par ailleurs, les données en termes de capacité sont généralement plus faciles à obtenir pour les pays en développement que celles relatives à la production d'énergie). Les ajouts annuels de capacité ne sont généralement disponibles que pour l'éolienne, le PV solaire et l'eau chaude solaire.

Notes de fin

1. V1. Voir note de fin 43, Annexe 1, et Martinot et autres (2007) pour obtenir des détails méthodologiques sur le calcul des parts de l'approvisionnement en énergie primaire et de la consommation d'énergie finale. Le schéma 1 repose sur les données suivantes pour 2006 : (a) consommation totale d'énergie finale de 8150 millions de tonnes équivalent pétrole (mtep), incluant la biomasse traditionnelle (tirée de l'AIE 2007a, adaptée pour 2006) ; (b) biomasse traditionnelle de 1050 mtep (indexée sur une croissance annuelle de 2 % par rapport à l'estimation de Johansson et Goldemberg, en l'absence d'estimations mondiales cohérentes sur la croissance de la biomasse traditionnelle) ; et (c) énergie hydraulique à grande échelle de 2850 terrawatts-heure (TWh), énergie hydraulique à petite échelle de 260 TWh, énergie à base de biomasse de 230 TWh, énergie éolienne de 155 TWh, chaleur finale à base de biomasse de 4000 pétajoules (PJ), chaleur géothermique de 280 PJ, eau chaude solaire de 250 PJ et biocarburants de 1100 PJ. Pour les besoins de la présente analyse, tout l'approvisionnement lié à la biomasse traditionnelle est assimilé à de la consommation d'énergie finale. En ce qui concerne la chaleur issue de la biomasse moderne, une certaine ambiguïté entoure ce qu'on entend par « consommation d'énergie finale ». En général, il s'agit de la teneur calorifique de la vapeur et de l'eau chaude produites par les chaudières centrales alimentées à la biomasse et par les centrales de production combinée de chaleur et d'électricité, mais les analyses peuvent varier selon la manière dont on comptabilise les chaudières de production d'eau chaude au niveau des bâtiments. Rares sont les estimations mondiales concernant la consommation de chaleur à base de biomasse moderne, dont l'approvisionnement lié au chauffage urbain et l'utilisation industrielle directe. Le programme SHC de l'AIE (2007) indique 4000 PJ de chaleur à partir de bioénergies modernes et Johansson et Turkemburg (2004) font état de 730 TWh (th), ou 2006 PJ, de chaleur finale en 2001. Les chiffres de l'AIE et d'autres sources suggèrent que la biomasse entrant dans la consommation de chaleur finale dans l'industrie est significative (bien qu'il existe peu d'études publiées sur le sujet), ce qui signifie donc que le chauffage/l'eau chaude à partir de nouvelles énergies renouvelables pourraient être plus importants que ne le montre le schéma 1.

2. Pour les sources technologie par technologie, voir les notes de fin 4 à 17. Pour des données et des sources historiques, voir la Note N3 de l'édition 2005 du rapport. Les données sur l'électricité en 2006 sont tirées du Statistical Review of World Energy (2007) de BP. Au moment de la rédaction du présent rapport, les statistiques de l'AIE sur l'électricité mondiale n'étaient disponibles que pour 2005. Le Renewables Information 2007 de l'AIE (2007b) attribue aux énergies renouvelables une part de 17,9 % de l'électricité pour 2005, dont 16 % pour l'hydroélectricité (à grande et à petite échelle). BP donne un total de 19028 TWh pour 2006, dont 2808 TWh pour le nucléaire et 3040 TWh pour l'hydroélectricité. Le chiffre de BP a été revu à la hausse de 520 TWh pour rendre compte des nouvelles énergies renouvelables, moins une part d'hydroélectricité à petite échelle supposée ne pas apparaître dans les statistiques, soit un total de 19550 TWh. Les parts du schéma 2 reposent sur ce total, ajouté aux nombres de la note de fin 1. Le nombre de ménages équipés de collecteurs d'eau chaude solaire a été estimé sur la base d'une moyenne de 2,5 mètres carrés (m²)/ménage pour les pays en développement et de 4m²/ménage pour les pays développés, avec une part totale modeste pour l'utilisation commerciale.

3. Pour les sources technologie par technologie concernant le schéma 3, voir les notes de fin 4 à 17.

4. Pour de plus amples détails sur l'énergie hydraulique à grande échelle ces dernières années, voir la note de fin 1 de l'édition 2006

du rapport et la Note N5 de l'édition 2005 du rapport. Les statistiques sur la production mondiale proviennent de BP (2007), avec des informations complémentaires émanant de l'Association internationale de l'hydroélectricité (2007). Les chiffres de l'hydroélectricité en Chine pour 2006 sont tirés de Martinot et Li (2007). Pour la Chine, les estimations initiales pour 2007 s'élevaient à 5,5 gigawatts (GW) pour l'hydroélectricité à petite échelle et à 7,5 GW pour l'hydroélectricité à grande échelle. Le total pour l'hydroélectricité à petite échelle est tiré de la base de données de Martinot regroupant des informations pays par pays. Ces dernières années, un accent accru a été mis sur l'intégration environnementale des centrales hydroélectriques à petite échelle aux réseaux fluviaux, afin de minimiser les impacts environnementaux, en incorporant de nouvelles technologies et méthodes d'exploitation.

5. Le tableau R2 et les schémas 4 et 5 proviennent du Conseil mondial de l'énergie éolienne (GWEC) (2007). En janvier 2008, le GWEC a estimé à 94 GW l'énergie éolienne mondiale en 2007, avec 20 GW supplémentaires, dont 8,5 GW en Europe (incluant 3,5 GW en Espagne), 5,2 GW aux Etats-Unis et 3,4 GW en Chine. D'autres projections pour la fin de 2007 faisaient état de 2 GW en Inde et de 0,5 GW au Japon.

6. Pour de plus amples détails, voir la note de fin 2 de l'édition 2006 du rapport et la Note N6 de l'édition 2005 du rapport. D'après l'OCDE, la capacité énergétique issue de la biomasse était de 24 GW en 2005 (AIE 2007b), dont 0,4 GW au Mexique et en Turquie (qui sont comptabilisés dans le total des pays en développement). Les informations sur la biomasse en Europe proviennent de l'Association européenne de la biomasse (2007). Les chiffres sur la capacité de production d'énergie à base de biomasse présentés ici ne comprennent pas l'électricité produite à partir de déchets solides municipaux (DSM), ni de déchets industriels. De nombreuses sources incluent les DSM aux chiffres de la biomasse, même s'il n'en existe pas de définition universellement acceptée. Si l'on décidait d'inclure les DSM, le chiffre de la production d'énergie mondiale à base de biomasse pourrait augmenter de 9-10 GW. D'après l'OCDE, la capacité énergétique issue des DSM était de 8,5 GW en 2005 (AIE 2007b). Pour les pays en développement, les nombres concernant les DSM sont difficiles à estimer. Le taux de croissance du chauffage à base de biomasse est tiré de Johansson et Turkenburg (2004) et reflète le taux de croissance pour la période 1997-2001. Des taux de croissance plus récents à l'échelle mondiale ne sont pas disponibles. Pour les pays en développement, le total de la capacité énergétique issue de la biomasse a été légèrement revu à la baisse par rapport aux années précédentes, à la lumière de nouvelles informations.

7. La capacité énergétique géothermique a augmenté en moyenne de 2,4 % entre 2000 et 2004 (Conseil mondial de la géothermie 2005 et Lund 2005). La production géothermique dans les pays de l'OCDE a augmenté de 1,9 % en 2006 (AIE, Renewables Information 2007).

8. Le PV solaire est divisé en « raccordé au réseau » et « hors réseau », afin de rendre compte des différentes caractéristiques du marché de chaque application, telles que la rentabilité par rapport aux solutions de remplacement concurrentielles et le type de mesures d'accompagnement. Les sources récentes incluent Photon Consulting (2007), Sarasin (2007), PV News par le Prometheus Institute (divers numéros), Solar Buzz (divers numéros), EurObserver 178 (2007), le Centre pour l'énergie solaire et la recherche sur l'hydrogène (ZSW) (2008), l'Association allemande des industries photovoltaïques (2007) et Greenprices 41 et 43 (2007). Les données sur la Corée proviennent de l'Institut coréen de recherche sur l'énergie et de l'Organisation coréenne pour le développement de l'énergie photovoltaïque. Sarasin et PV news étaient d'accord sur une production de 2,5 GW en 2006. Les chiffres pour 2007 ne sont encore que des estimations préliminaires. Photon Consulting a estimé entre 3,8 et 4 GW la production de PV solaire en 2007, ce qui pourrait signifier plus de 3 GW

d'installations totales au cours de 2007, étant donné les rapports historiques entre les installations (volume du marché) et la production totale, dont quelques 0,4-0,5 GW sont probablement hors réseau. Cependant, en décembre 2007, l'Association européenne de l'industrie photovoltaïque (EPIA) a estimé la capacité additionnelle mondiale de PV solaire à seulement 2,3 GW en 2007. Il s'avère difficile de concilier les données cumulées sur le PV solaire provenant de sources différentes. Le tableau R3 fournit la meilleure estimation possible pour divers pays et années à partir de sources historiques contradictoires. En particulier, les installations d'Allemagne ont fait l'objet de controverses au cours des années passées (voir la Note N7 de l'édition 2005 du rapport et les notes associées au tableau 3 de l'édition 2006 du rapport, pour une discussion et des sources approfondies). En décembre 2007, l'EPIA a estimé que la puissance mondiale cumulée de PV avait atteint 9 GW en 2007, mais une base de données historiques des additions pays par pays élaborée par Martinot suggère un cumul supérieur à 10,5 GW en 2007. D'après l'Association espagnole de l'industrie photovoltaïque (ASIF), l'Espagne a produit 400 MW additionnels de PV solaire en 2007, contre 106 MW en 2006, pour atteindre une puissance cumulée de 560 MW en 2007. Le nombre des ménages dans le monde équipés de PV solaire est approximatif, supposant une moyenne de 4 kW pour les nouvelles installations au Japon et en Allemagne, combinée à des chiffres historiques (voir la Note N7 de l'édition 2005 du rapport).

9. Les descriptions des projets sont tirées des sources mentionnées dans la note de fin 8 et d'autres rapports d'information. La centrale de Jumilla a été inaugurée en décembre 2007 ; voir www.jumilla.org/noticias/noticia.asp?cat=815&ver=t. La centrale de Beneixama a été inaugurée en septembre 2007. La liste des 800 centrales supérieures à 200 kW est tirée du site internet « World's Largest Photovoltaic Systems » : www.pvresources.com/en/top50pv.php. Ces 800 centrales ont totalisé environ 875 MW en 2007.

10. Les sources pour le CSP incluent Sarasin (2007), des contributions émanant de collaborateurs au présent rapport et des rapports d'information. Solar Millenium construit actuellement quatre centrales de 50 MW, la construction de trois d'entre elles ayant débuté en 2006/2007. En outre, Iberdrola projette d'installer neuf centrales de 50 MW en Espagne. Les références des projets de la Banque mondiale sont P041396, P050567 et P066426. En Afrique du Sud, Eskom prévoit, d'ici à 2009-2010, une centrale de CSP de 100 MW dans la province du Cap Septentrional.

11. Les nombres et les sources du tableau R4 sont tirés des notes de fin 4-10 ; voir aussi les Notes N3 à N7 de l'édition 2005 du rapport, ainsi que les notes associées au tableau 4 de l'édition 2006 du rapport. Les chiffres du tableau R4 ne doivent pas être comparés aux versions précédentes de ce tableau ni à des tableaux similaires pour obtenir des taux de croissance. Les adaptations par rapport aux versions précédentes sont une combinaison de la croissance réelle et de l'ajustement dû à des données améliorées. Autre source: GEA/Gawell et Greenberg (2007).

12. Le tableau R5 et les schémas 8 et 9 ont été compilés et estimés d'après Weiss et Bergmann/programme SHC de l'AIE (2007), Sarasin (2007), Martinot et Li (2007), l'European Solar Thermal Industry Federation (ESTIF) (2007) et des rapports individuels pays par pays fournis par des collaborateurs au présent rapport. Voir aussi la Note N8 de l'édition 2005 du rapport. Les abandons d'eau chaude solaire sont importants dans certains pays, notamment dans les pays dotés de marchés plus anciens, comme le Japon et la Turquie, et les données communiquées ici tentent de rendre compte de ces abandons. Sarasin (2007) a prévu 23 gigawatts thermiques (GWth) additionnels en 2007, ce qui, compte tenu des abandons, ferait passer la capacité mondiale totale à 125 GWth en 2007. Certains pays d'Afrique du Nord et du Moyen-Orient avaient lancé d'ambitieux programmes : le Maroc a atteint 150 000 mètres carrés (m²) cumulés à la mi-2006 et escomptait 400 000 m²

d'ici à 2012 et 1 million de m² d'ici à 2020 ; l'Égypte possédait 400 000 m² et la Jordanie 660 000 m² cumulés en 2006 (Claus et Mostert 2007).

13. L'eau chaude/le chauffage solaires sont aussi communément appelés « chauffage et réfrigération solaires », pour souligner le fait que la réfrigération solaire (climatisation de l'air à l'aide d'énergie solaire) constitue aussi une technologie commerciale. Le présent rapport utilise l'expression « eau chaude/chauffage solaires » parce que l'eau chaude constitue à elle seule la grande majorité de la puissance installée. Une partie de la puissance à travers le monde, particulièrement en Europe, alimente effectivement le chauffage par convection, bien que ce dernier ne représente qu'une faible part de la chaleur totale, même au sein des systèmes combinés. La réfrigération solaire n'est pas encore une application commerciale répandue, mais beaucoup pensent qu'elle a un avenir prometteur. Sarasin (2007) a fait état d'environ 40 systèmes en service en Europe pour la climatisation solaire de bâtiments, avec une capacité totale de 4,4 MWth. Voir AIE/RETD (2007) pour un rapport complet à ce sujet.

14. Les chiffres pour la chaleur géothermique incluent l'énergie géothermique peu profonde et les pompes à chaleur géothermiques. Voir la Note N6 de l'édition 2005 du rapport pour de plus amples détails. La capacité de chauffage géothermique a augmenté en moyenne de 12,9 % entre 2000 et 2004 (Conseil mondial de la géothermie 2005 et Lund 2005). Lund (2005) a fait état de 1,7 millions de pompes à chaleur géothermiques, soit 56 % de la capacité totale de chaleur géothermique (27 600 GWth), faisant cependant remarquer que les données étaient incomplètes. Les pompes à chaleur géothermiques ont connu une croissance de 24 % par an entre 2000 et 2005.

15. Le tableau R6 et le schéma 10 sont tirés de Worldwatch (2007), Pinto et Hunt (2007), Etter (2007), Greenprices 47 (2007), l'Association européenne de carburant bioéthanol (eBIO) (2007), l'Association américaine des carburants renouvelables (2007), l'Association canadienne des carburants renouvelables (2007) et les contributions de collaborateurs au rapport. Le tableau R6 et le schéma 10 ne font apparaître que le carburant éthanol pour véhicules. F.O. Licht (2007) et d'autres font état de la production totale d'éthanol, qui inclut des utilisations autres que les carburants et s'avère nettement plus élevée. Il n'existe donc pas de nombre publié correspondant à la production mondiale du seul carburant éthanol. Le total mondial de l'éthanol du tableau R6 est un calcul ascendant fondé sur les meilleures estimations possibles pour tous les pays significatifs. Voir les notes de fin 5 et 6 de l'édition 2006 du rapport et les Notes N9 et N10 de l'édition 2005 du rapport pour des discussions approfondies sur la production des biocarburants et les analyses de coûts, notamment par rapport au programme du Brésil, qui porte sur une capacité de production supplémentaire de 5 milliards de litres/an d'ici à 2009. Les chiffres de l'éthanol n'incluent pas la production d'oxyde de t-butyle et de méthyle en Europe.

16. D'autres utilisations de l'éthanol se développent au Brésil, dont le carburant pour avions et l'emploi comme matière première de procédé pour l'industrie chimique, comme cela a déjà été le cas dans les années 1980. En mars 2007, DATAGRO (2007) a publié une prévision portant sur une production de 20,6 milliards de litres pour 2007. Les statistiques sur les véhicules proviennent de l'Association nationale des constructeurs automobiles du Brésil (ANFAVEA) (2007).

17. Le tableau R6 et le schéma 10 sont tirés de F.O. Licht (2007), complété par le European Biodiesel Board (2007) et par les contributions de collaborateurs au rapport. Les tendances du biodiesel proviennent aussi de Krbitz (2007). De nombreux groupes environnementaux s'inquiètent beaucoup du développement des plantations d'huile tropicale.

18. Les données destinées au tableau 1 ont été compilées à partir de diverses sources, dont le National Renewable Energy Laboratory, la

Banque mondiale et l'Agence internationale de l'énergie, ainsi que ses différents Accords d'exécution. Beaucoup d'estimations actuelles ne sont pas publiées. Il n'existe aucune source publiée présentant un tableau complet ou faisant autorité en matière de total des coûts. Les modifications au niveau des coûts par rapport à l'édition 2005 du rapport reflètent une combinaison d'estimations affinées, d'évolutions technologiques et d'évolution des marchés commerciaux. Voir la Banque mondiale (2007b) pour un examen de nombreuses technologies. Voir la Note N11 de l'édition 2005 du rapport pour des sources historiques complémentaires.

19. Les nombres correspondant à l'investissement mondial sont des approximations et reflètent une base de données élaborée par Eric Martinot sur la puissance installée par technologie et par année. Ces chiffres correspondant à la puissance installée sont multipliés par des coûts de capacité moyens estimés (par exemple, en \$/kW ou en \$/m²). Les coûts de capacité sont considérés globalement, à l'exception de l'énergie hydraulique à petite échelle et de l'eau chaude solaire en Chine, auxquelles on applique des estimations de coûts moins élevées. Certains coûts, tels que la production d'énergie à base de biomasse, varient fortement et il est difficile d'établir une moyenne mondiale. Voir la note N12 de l'édition 2005 du rapport pour des détails méthodologiques exhaustifs. Les chiffres utilisés pour les capacités additionnelles en 2006 et en 2007 sont (respectivement) de : 15,3 GW et 21 GW d'énergie éolienne à 1600 \$/kW, 2,15 GW et 3 GW de PV solaire à 7000 \$/kW (coût total du système), 21,8 millions de m² et 23 millions de m² d'eau chaude solaire à 130 \$/m² (Chine, Turquie, Inde et autre), 3,1 millions de m² et 3,6 millions de m² d'eau chaude solaire à 800 \$/m² (UE et autres pays développés), de l'ordre de 2 GW supplémentaires d'énergie à base de biomasse à 2000 \$/kW, de l'ordre de 250 MW d'énergie additionnelle géothermique à 1600 \$/kW, 6,5 GW et 5,5 GW d'énergie hydraulique à petite échelle en Chine à 800 \$/kW et de l'ordre de 400 MW d'énergie hydraulique à petite échelle ailleurs à 1300 \$/kW, auxquels s'ajoutent des quantités moindres pour l'énergie solaire thermique, le chauffage à base de biomasse et le chauffage géothermique. Navigant Consulting (2008) produit aussi une estimation annuelle des investissements dans la nouvelle capacité, qui était de 47 milliards de \$ pour 2006 et de 55 milliards de \$ estimés pour 2007, hors eau chaude solaire et énergie hydraulique à petite échelle, ce qui confirme les estimations qui rendent compte ici de l'eau chaude solaire et de l'énergie hydraulique à petite échelle. Le schéma 11, fondé sur les coûts de capacité ci-dessus, fait une approximation en dollars de 2007 et un ajustement par rapport aux coûts de capacité historiques, mais ne tient pas compte des fluctuations des taux de change. Voir la note de fin 21 pour d'autres estimations de l'investissement.

20. Les estimations des investissements en termes de fabrication de PV solaire proviennent de Photon Consulting. Pour ce qui est des biocarburants, les rapports des marchés laissaient penser que les coûts typiques des nouvelles usines de production de biodiesel étaient de l'ordre de 0,6 à 0,8 milliards de \$ par milliard de litres/an de capacité de production (voir la note de fin 7 de l'édition 2006 du rapport pour de plus amples détails méthodologiques).

L'édition 2006 du rapport s'est fondée sur 0,3 à 0,6 milliards de \$ par milliard de litres/an de capacité de production d'éthanol. En utilisant ces chiffres et en faisant la moyenne des augmentations des nouvelles capacités d'éthanol et de biodiesel pour 2006/2007, soit environ 6 milliards de litres/an de puissance installée d'éthanol par an à 0,4 milliards de \$, plus 2 milliards de litres/an de puissance installée de biodiesel par an à 0,7 milliards, on obtient 2,4 milliards de \$/an pour l'éthanol et 1,4 milliards de \$/an pour le biodiesel, soit un total de 3,8 milliards de \$/an. Ces nombres sont nettement supérieurs aux totaux estimés dans l'édition 2006 du rapport, à savoir 1 milliard de \$ pour 2005 et 2 milliards de \$ pour 2006. Dans l'édition 2006 du rapport, on a appliqué au biodiesel le coût d'investissement par unité de l'éthanol, ce qui a donné lieu à des estimations inférieures. Au Brésil, l'investissement pour 2009 devrait également être beaucoup plus important. Vu les augmenta-

tions de capacité au Brésil en 2006/2007, il est vraisemblable que quelque 1,5 milliards de \$ d'investissements ont été enregistrés en 2006 et 2 milliards de \$ en 2007.

21. On trouvera des informations complémentaires sur les tendances en matière d'investissements et de financement dans le rapport de REN21 et associés intitulé « Global Trends in Sustainable Energy Investment 2007 », publié en collaboration avec l'initiative SEFI (Sustainable Energy Finance Initiative) du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et New Energy Finance (PNUE/NEF 2007). Des éditions ultérieures de ce rapport sont envisagées. Ce rapport propose une autre mesure de l'investissement dans les énergies renouvelables, plus orientée vers les transactions et qui inclut des composantes dont l'estimation de 71 milliards de \$, citée dans le présent rapport, ne tient pas compte. Le rapport du PNUE/NEF fait état de 75 milliards de \$ d'investissements dans les « énergies renouvelables » au cours de 2006 (et une estimation de 117 milliards de \$ pour 2007 dans une mise à jour du début de 2008). Cette mesure comprend les investissements en capital risque et en capitaux propres, les capitaux drainés sur les marchés publics et les dépenses de R&D, ainsi que des montants moins importants consacrés à d'autres technologies, telles que l'efficacité énergétique et les piles à combustible. Les absorptions et les acquisitions figurent également dans un autre total global du PNUE/NEF. En ne tenant compte que des investissements dans la nouvelle capacité, le PNUE/NEF arrive, pour 2006, à un « financement des avoirs » d'environ 39 milliards de \$, nombre le plus directement comparable aux 55 milliards de \$ indiqués dans le présent rapport pour 2006. Les différences d'ordre méthodologique expliquent en partie cet écart. La dernière estimation du PNUE/NEF concernant le « financement des avoirs » pour 2007 était de 55 milliards de \$, comparable aux 71 milliards de \$ du présent rapport, en tenant compte d'autres facteurs. Le rapport du PNUE/NEF fait aussi état de 7 milliards de \$ en capital risque et en capitaux propres, ainsi que de 16 milliards de \$ en R&D pour 2006.

22. Clean Edge (2007), Pinto et Hunt (2007) et New Energy Finance (2007). Le présent rapport ne couvre pas les projets liés au financement du carbone ni au Mécanisme pour un développement propre (MDP). Des projets portant sur les énergies renouvelables et incorporant ces modes de financement étaient en cours, programmés ou achevés dans plusieurs pays.

23. Ibidem.

24. Les chiffres concernant le financement multilatéral sont tirés de la Banque mondiale (2007a), du FEM (2007) et d'une communication personnelle avec Claudia Fersen, de KfW, en décembre 2007. Voir aussi la Note N15 de l'édition 2005 du rapport et la note de fin 8 de l'édition 2006 du rapport.

25. Ibidem. Le financement total de la Banque mondiale pour les énergies renouvelables a inclus 150 millions de \$ au titre du financement du carbone pour l'année fiscale 2007, même si le présent rapport ne couvre pas le financement du carbone.

26. Ibidem.

27. Voir l'édition 2005 du rapport pour des exemples complémentaires de programmes de financement dans les pays en développement. Le programme brésilien PROINFA avait permis l'ajout de 850 MW à la mi-2007, sans compter 950 autres MW en construction. Sur le total, 1076 MW provenaient de l'énergie hydraulique à petite échelle, 514 MW de la biomasse et 216 MW de l'énergie éolienne (Porto 2007).

28. La méthodologie employée pour ce calcul est décrite dans la note de fin 10 de l'édition 2006 du rapport et dans la Note N17 de l'édition 2005 du rapport. L'annexe 2 contient la liste actualisée des compagnies. Les sources incluent Bloomberg, MarketWatch.com, InvestGreen.ca, Investext, Reuters et des données d'entreprise.

29. Les sources incluent des rapports d'information et des recherches originales émanant de collaborateurs au rapport. On trouvera des exemples de sources anciennes et de tendances du secteur industriel dans les notes N18 à N23 de l'édition 2005 du rapport.

30. New Energy Finance (2007).

31. Une certaine prudence a parfois pu être perçue, les augmentations de prix en 2005-2007 ayant fait obstacle au PV solaire, à l'énergie éolienne et aux biocarburants. Le PV solaire est resté entre 3 et 3,50 \$/watt, en raison d'une forte demande et d'une pénurie de silicium en tant que matière première de procédé. Le coût des éoliennes a en réalité augmenté, passant de 1000-1100 \$/kW en 2003 à 1150 \$/kW, voire plus, en 2006, en partie du fait des prix élevés de l'acier et de la fibre de verre. Aux Etats-Unis, les marges bénéficiaires sur les biocarburants ont disparu en 2006, tandis que le prix du maïs a doublé en seulement deux ans, en partie à cause de la demande émanant des producteurs d'éthanol. On pourrait se dire que tout cela est lié au court terme, sachant que les marchés vont s'ajuster avec une capacité accrue, mais ces tendances en termes de coûts attirent néanmoins l'attention du secteur.

32. Global Wind Energy Council (2007) et Emerging Energy Research (2007).

33. Global Wind Energy Council (2007), GreenHunter energy, Martinot et Li (2007).

34. PV News de mars, avril, octobre et décembre 2007, Photon Consulting (2007) et Sarasin (2007).

35. PV News de mars, avril, octobre et décembre 2007, Sarasin (2007). Sarasin (2007) indique une production de PV en micro-couches de 200 MW en 2006, soit 7,8 %, PV News faisant seulement état de 6 % en 2006.

36. Kingsman Biodiesel News, 2 décembre 2007. Voir aussi New Energy Finance 124NS (2007) pour des exemples des difficultés rencontrées récemment par les producteurs de biocarburants dans certains pays, dont le prix élevé des matières premières de procédé, la surcapacité, l'éthanol bon marché importé du Brésil et le respect hésitant des obligations de mélanges.

37. Site internet de l'Association américaine des producteurs de biocarburants: www.ethanolrfa.org, consulté le 12 novembre 2007.

38. Articles de presse; New Energy Finance numéro 121NS; www.rangefuels.com; ir.verenium.com.

39. Sarasin (2007), bulletins d'information, contributions de collaborateurs au rapport. Aux Etats-Unis, dans l'Etat du Nevada, la centrale de 64 MW, « Solar One », est entrée en service et devrait produire de l'électricité à un coût d'environ 15-17 cents/kWh. En Espagne, la centrale thermosolaire de 11 MW (de type mât) de Sanlcar la Mayor (Séville) est entrée en service au début de 2007. La construction de deux autres centrales thermosolaires (20 MW et 50 MW) devait être lancée sur le même site, en Espagne, l'ensemble du projet prévoyant 300 MW d'ici à 2013.

40. En ce qui concerne la méthodologie utilisée pour les estimations des emplois, voir l'annexe 3 et la note N24 de l'édition 2005 du rapport. Renner, Sweeny et Kubit (2008, préliminaire) donnent une estimation semblable de 2,3 millions d'emplois à l'échelle mondiale, dont 1,2 millions pour les biocarburants dans les quatre principaux pays producteurs de biocarburants (ces chiffres incluent les emplois indirects). Les principales incertitudes concernant les estimations des emplois concernent les biocarburants, auxquelles s'ajoutent d'autres questions portant sur la qualité et les impacts sociaux des emplois liés aux biocarburants. Pour l'édition 2005 du rapport, l'estimation des emplois a été fondée sur des facteurs analytiques pour les « emplois par capacité existante » et pour les « emplois par unité de capacité produite ». Les emplois totaux ont été fondés sur la capacité existante (c'est-à-dire l'exploitation et l'entretien), ajoutée à la capacité nouvellement fabriquée/installée (c'est-à-dire la construction). Il se pose aussi la

question de l'estimation des « emplois indirects », dont la définition n'est pas toujours claire. Les estimations des emplois liés aux biocarburants reposent en partie sur des paramètres fournis par l'association brésilienne de la canne à sucre, qui incluent certains emplois dans les plantations.

41. La présente section est uniquement destinée à présenter un tableau global des mesures d'accompagnement. Les politiques énumérées sont généralement celles qui ont été mises en oeuvre par des organes législatifs. Certaines des politiques énumérées peuvent ne pas être encore appliquées ou être en attente d'un règlement d'exécution détaillé. Il est évidemment difficile d'englober toutes les politiques, de sorte que certaines politiques peuvent avoir été involontairement oubliées ou mal cataloguées. Il se peut aussi que certaines politiques aient été abandonnées ou très récemment promulguées. Le présent rapport ne couvre pas les politiques ni les activités liées au transfert de technologies, au renforcement des capacités, au financement du carbone, ni aux projets dans le cadre du Mécanisme pour un développement propre, pas plus qu'il ne souligne de cadre ni de politique stratégique plus vaste, tous étant néanmoins importants pour le développement des énergies renouvelables. Pour l'essentiel, le présent rapport n'aborde pas non plus les politiques qui sont encore discutées ou qui sont en cours de formulation, sauf pour mettre en lumière des tendances générales, en particulier pour les pays en développement, où la prise de mesure est relativement plus récente. Les informations relatives aux politiques proviennent de sources très diverses et, notamment, des contributions non publiées de collaborateurs au rapport. La base de données en ligne de l'AIE, Global Renewable Energy Policy and Measure database (<http://renewables.iea.org>) fournit l'une des sources d'information les plus complètes en matière de politiques. Pour des détails sur les politiques et les sources couvertes ces dernières années, voir les Notes N25 à N35 de l'édition 2005 du rapport, ainsi que les notes de fin 16 à 40 de l'édition 2006 du rapport. Des détails tirés des contributions sur les politiques émanant de collaborateurs au rapport sont compilés à l'annexe 4.

42. Une nouvelle étude de l'AIE sur les politiques et les marchés, fondée sur l'ouvrage original de 2004, est attendue en 2008 et présentera de manière approfondie les politiques détaillées et l'expérience des pays de l'AIE.

43. Tableau R7: Parmi les autres objectifs en termes de parts d'énergie qui n'ont pas été présentés, on peut citer : l'Algérie (5 % d'ici à 2020), l'Arménie (35 % d'ici à 2020), la Barbade (plus de 20 % d'ici à 2012), la Roumanie (11 % d'ici à 2010 et 15 % d'ici à 2015), la Syrie (4 % d'ici à 2010 et 10 % d'ici à 2020) et l'Ouganda (61 % d'ici à 2017). La République tchèque et la Pologne ont aussi des objectifs à l'horizon 2010 (5-6 % et 7,5 %, respectivement), le Maroc étudiant lui aussi des objectifs. Les parts existantes d'énergie primaire concernent 2006. Pour la majorité des pays, elles sont tirées de Renewables Information (d'après la méthode de l'AIE), de l'AIE (2007b), et incluent la biomasse traditionnelle, les déchets solides municipaux et l'énergie hydraulique à grande échelle. Les parts d'énergie finale sont estimées pour les pays de l'OCDE à l'aide de la méthodologie (préliminaire) suivante (voir aussi l'annexe 1) : la part d'énergie finale est calculée en divisant la consommation finale totale d'énergies renouvelables par la consommation finale totale (CFT) dans les bilans énergétiques de l'AIE disponibles sur www.iea.org pour 2004, revus à la hausse pour 2006 par rapport au ratio d'énergie primaire pour 2006 comparé à celui de 2004, d'après BP (2007). La consommation finale totale d'origine renouvelable est la somme de quatre composantes : (1) l'électricité renouvelable produite, (2) la consommation de chaleur finale d'origine renouvelable après transformation dans des centrales de production de chaleur ou des centrales de production combinée de chaleur et d'électricité, (3) la consommation directe finale de chaleur solaire, de chaleur géothermique, de déchets municipaux, de biomasse et de gaz issu de la biomasse, et (4) la consommation finale de biocarburants liquides. Les com-

posantes 1-3 sont disponibles pour 2006 dans Renewables Information, de l'AIE (2007b), mais non la composante 4, qui est donc dérivée du tableau R6. Les pertes de puissance et l'auto-consommation liées à l'électricité produite à partir d'énergies renouvelables devraient être déduites, mais on n'en a pas tenu compte. La part mondiale d'énergie finale a été calculée à l'aide de données tirées du schéma 1 (voir la note de fin 1), ajoutées à la CFT pour 2005 tirée des Key World Energy Statistics de l'AIE (2007b), adaptée pour 2006. Pour certains pays, l'obtention de parts d'énergie finale inférieures aux parts d'énergie primaire peut s'expliquer par une proportion élevée de biomasse pour l'électricité. La part d'énergie finale mondiale est supérieure à la part d'énergie primaire en partie du fait de la biomasse traditionnelle, qui constitue entièrement de la consommation d'énergie finale. Les chiffres pour l'Allemagne ont été fournis séparément par le ZSW/Centre pour l'énergie solaire et la recherche sur l'hydrogène.

44. Tableau R8: Les autres pays dotés d'objectifs en matière de parts d'électricité n'apparaissant pas sont la Croatie (5,8 % d'ici à 2010, hors énergie hydraulique à grande échelle) et la Moldavie (2,5-3 %). Israël a également un objectif de 2 % d'ici à 2007 et l'Égypte un objectif de 3 % d'ici à 2010. Les parts existantes sont des estimations préliminaires de l'AIE pour 2006, tirées de Renewables Information 2007. L'objectif du Japon exclut aussi la géothermie. Au Canada et aux États-Unis, les provinces et les États ont des objectifs individuels de facto, sous forme de normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique (voir tableau R11). Au Maroc, des objectifs portant sur la part d'énergie et d'électricité étaient à l'étude. Source des objectifs : contributions par des collaborateurs au rapport ; voir aussi la note N25 de l'édition 2005 du rapport.

45. Encadré 1: Plutôt que de compter les parts d'énergie primaire ou finale, de nombreux objectifs préfèrent utiliser la part d'électricité d'origine renouvelable (voir tableau R8 et schéma 2). On évite ainsi d'avoir à choisir une méthode de calcul de l'énergie, même si on ne tient pas compte des contributions du chauffage ni des carburants pour les transports. Avec la méthode de l'AIE, l'AIE suppose un rendement des centrales électriques de 33 % pour le nucléaire, en comptant l'énergie primaire associée à l'électricité d'origine nucléaire. Avec la méthode BP, BP suppose un rendement des centrales électriques de 38 % en comptant l'énergie primaire associée à la fois au nucléaire et à l'énergie hydraulique. La différence entre ces estimations de rendements peut être à l'origine d'écarts, lorsqu'on tente de concilier les statistiques de l'AIE et de BP eu égard à l'énergie primaire. Il se pose aussi la question de savoir si la biomasse traditionnelle est comptée dans le total de l'énergie primaire, ce qui, si c'est le cas, diminue les parts de l'énergie hydraulique et du nucléaire (parce que l'énergie primaire totale est supérieure). Et il se pose la question de savoir si on inclut ou pas l'énergie hydraulique à petite échelle dans la part de l'énergie hydraulique. Du fait de tous ces choix et différences méthodologiques, les parts du nucléaire et de l'énergie hydraulique dans les statistiques communiquées peuvent varier. Par conséquent, aucun chiffre exact n'est donné dans l'encadré 1, par souci de clarté. Voir la note de fin 43, annexe 1, et Martinot et autres (2007) pour de plus amples détails méthodologiques quant au calcul des parts d'énergie primaire et finale.

46. Contrairement au partage des charges associé à l'objectif d'énergie finale, l'objectif en termes de carburants pour les transports applique la même part de 10 % à tous les pays. En outre, l'objectif concernant les carburants pour les transports n'est contraignant que si la production s'avère « durable » et seulement dans le cas de biocarburants de deuxième génération disponibles commercialement. Un « livre vert » de la CE de 2007 sur les mécanismes du marché pour les politiques liées à l'énergie et à l'environnement affirme qu'à l'avenir, le développement des biocarburants devrait éviter des formes non durables et privilégier les biocarburants de deuxième génération. Voir Greenprices 36 (2007).

47. En septembre 2007, la Chine a mis la dernière main à son “Programme de développement des énergies renouvelables à long et à moyen termes” et a publié un ensemble final d’objectifs à l’horizon 2020. La part d’énergie primaire totale d’ici à 2020 a été légèrement revue à la baisse, à 15 %, contre les 16 % d’abord envisagés. Voir Martinot et Li, (2007).

48. Depuis l’édition 2005 du rapport, dix-huit nouveaux pays ont été ajoutés à la liste des pays dotés d’objectifs en termes d’énergies renouvelables: l’Algérie, l’Argentine, l’Arménie, la Barbade, la Bulgarie, la Croatie, l’Iran, la Jordanie, le Mexique, la Moldavie, le Maroc, le Nigeria, le Pakistan, la Roumanie, le Sénégal, la Syrie, la Tunisie et l’Ouganda (voir les tableaux R7–R9 pour des détails sur ces objectifs). L’année de promulgation est incertaine pour certains d’entre eux, tout comme le statut des objectifs de l’Iran et du Mali. L’Ouganda a annoncé en 2007 un ensemble complet d’objectifs en termes d’énergies renouvelables d’ici à 2012 et 2017, notamment pour la production d’énergie, l’électrification rurale, les utilisations productives rurales, l’eau chaude solaire et les bio-carburants (voir le ministère de l’Énergie et du Développement Minier 2007). L’Égypte prévoit d’augmenter l’énergie éolienne d’au moins 500 MW par an à compter de 2011, outre des objectifs distincts portant sur 750 MW de capacité énergétique thermosolaire à l’horizon 2017. Les objectifs proposés par l’Inde spécifient maintenant une utilisation accrue d’eau chaude solaire dans les hôtels, les hôpitaux et des utilisations similaires d’ici à 2022, soit 10 ans avant les objectifs énoncés précédemment. Les nouveaux objectifs à court terme en Inde, à l’horizon 2012, incluent une utilisation maximale de la cogénération dans l’industrie du sucre et dans d’autres industries utilisant la biomasse. La Bulgarie est incluse en raison de son accession à l’UE, bien que des objectifs spécifiques ne soient pas disponibles.

49. La politique de rachat des États-Unis a pris la forme de la Public Utility Regulatory Policy Act (PURPA), même si certains analystes ne considèrent pas la PURPA comme ayant été une véritable obligation de rachat nationale. Plusieurs États ont activement mis en œuvre la PURPA, mais la plupart l’ont abandonnée dans les années 1990. En général, la forme des politiques de rachat varie fortement d’un pays à l’autre (voir Mendonca 2007). Certaines politiques ne s’appliquent qu’à certaines technologies ou à une capacité maximale. La plupart des politiques établissent des tarifs différents en fonction des technologies, habituellement liés aux coûts de production, par exemple en distinguant entre l’énergie éolienne marine et terrestre. Certaines politiques différencient également les tarifs en fonction de la taille des centrales, de la situation géographique/région, de l’année d’exploitation initiale de l’installation et de la période d’exploitation annuelle. Pour une installation donnée, les tarifs peuvent diminuer progressivement dans le temps, mais en général ils durent de 10 à 20 ans.

50. Des détails concernant les tarifs de rachat des pays mentionnés sont fournis à l’annexe 5, notamment en termes de niveaux de prix, d’éventuels de capacités éligibles, de durées, de règles particulières et d’attentes complémentaires. Certains tarifs sont fondés sur des formules plus complexes : c’est le cas du tarif espagnol appliqué au PV solaire, qui est dérivé d’un multiple de prix moyens d’électricité traditionnelle sur des périodes données. Voir Mendonca (2007) pour une étude complète des tarifs de rachat. Une enquête portant sur 10 pays, réalisée par Gipe (2007), montre que les tarifs de rachat appliqués la première année sont pour l’énergie éolienne de l’ordre de 7–11 cents/kWh, pour le PV solaire de l’ordre de 37–74 cents/kWh et pour la biomasse de l’ordre de 8–23 cents/kWh. Cette enquête a porté sur l’Autriche, le Brésil, la Californie, la République tchèque, la France, l’Allemagne, l’Italie, le Minnesota, l’Ontario, le Portugal, la Corée du Sud, l’Espagne (moins de 50 MW), la Turquie et l’État de Washington. Voir aussi EurObserver 178 (2007).

51. Ibidem. L’Allemagne envisageait pour 2009 des tarifs de rachat pour le PV solaire inférieurs à ceux stipulés par la loi actuelle, ce qui pourrait conduire à une accélération du marché en 2008,

préalablement aux diminutions. L’Espagne connaît un phénomène similaire, depuis qu’elle a atteint le plafond de son programme en septembre 2007 (85 % de 400 MW), les tarifs existants ne s’appliquant qu’aux systèmes installés jusqu’à septembre 2008. On s’attendait à des tarifs inférieurs (contre un plafond supérieur) par la suite. L’Italie a achevé son programme existant en 2006, puis a adopté un nouveau programme, qui a conduit à une accélération des installations. Vingt MW supplémentaires sont attendus en 2007, contre 11 MW en 2006. La France a accru ses incitations en faveur du PV solaire, du fait d’installations moins nombreuses que prévues. Quinze MW supplémentaires sont attendus en 2007, contre 6 MW en 2006. En 2007, la Grèce a adopté une nouvelle loi en faveur des énergies renouvelables, qui a amélioré les conditions de tarifs de rachat. Le programme coréen sur le PV solaire inclut aussi un soutien à la R&D, des objectifs portant sur les habitations et les bâtiments publics, des prêts et un soutien aux autorités locales. L’Inde accorde aujourd’hui des subventions de 12 roupies/kWh au PV solaire et de 10 roupies/kWh pour les CSP, limitées à 10 MW dans chaque État.

52. Pour des informations détaillées sur les Pays-Bas, voir Greenprices 27 (2006) et 39 (2007).

53. Aux États-Unis, il existe quatre autres États dotés d’objectifs stratégiques non contraignants en termes de normes fixant la part des énergies renouvelables dans le portefeuille énergétique : le Missouri, le Dakota du Nord, le Vermont et la Virginie. De nouveaux objectifs de RPS ont été votés en 2006/2007 par l’Illinois (10 % d’ici à 2015 et 25 % d’ici à 2025), le New Hampshire (25 % d’ici à 2025), la Caroline du Nord (12,5 % d’ici à 2018), l’Oregon (25 % d’ici à 2025) et Washington (15 % d’ici à 2020). En outre, le Nouveau Mexique et le Colorado ont tous les deux doublé leurs objectifs existants en vue d’atteindre 20 % d’ici à 2020. Le Nevada atteindra 20 % d’ici à 2015, le Minnesota 25–30 % d’ici à 2020–2025 et le Maryland a rajouté 2 % à son objectif concernant le PV solaire d’ici à 2022, ce qui pourrait se traduire par une capacité additionnelle de 1,5 GW. Voir Wiser et autres (2008) pour de plus amples détails sur les politiques de RPS aux États-Unis. Au Canada, la Colombie britannique vise 50 % d’énergies propres ; l’Alberta et le Manitoba ciblent respectivement 900 MW et 1000 MW d’énergie éolienne; le RPS de l’Ontario est de 5 % en 2007 et de 10 % à l’horizon 2010 ; le Québec cible 4000 MW d’énergie éolienne d’ici à 2015 ; le RPS du Nouveau Brunswick est de 10 % d’ici à 2016 et de 400 MW d’éolienne d’ici à 2016 ; le RPS de la Nouvelle Écosse est de 5 % d’ici à 2010 et de 20 % d’ici à 2013 ; Terre Neuve/le Labrador cible 150 MW d’éolienne et l’Île du Prince Edward cible 15 % d’ici à 2010 (atteints) et 100 % d’ici à 2015.

54. Voir Martinot et Li (2007) pour plus d’informations sur les politiques chinoises.

55. Toutefois, les prix accordés dans le cadre de la politique de concessions de la Chine ont été bas, de l’ordre de 0,42–0,50 RMB/kWh (5,0–6,3 cents/kWh) en 2005 et 2006. Certains observateurs pensent que tous les projets acceptés ne seront pas effectivement construits, étant donné le faible niveau des prix. Voir Martinot et Li (2007) pour plus d’informations sur les politiques chinoises.

56. Les avoirs fiscaux et les programmes de subventions et de rétrocessions en faveur du PV solaire prennent des formes variées. Certains fixent une taille maximale, telle que 10 kW. Certains accordent des subventions plus élevées jusqu’à un certain seuil de capacité et des subventions moins élevées au-delà. Certains sont plafonnés à une certaine somme pour l’ensemble du programme. Certains s’appliquent aux coûts d’équipement, mais pas aux coûts d’installation. Voir l’annexe 6 pour des détails pays par pays.

57. En 2007, la Commission chinoise pour le développement national et les réformes a publié son “Programme d’application de l’utilisation du chauffage solaire à l’échelle nationale », qui devrait s’appliquer aux hôpitaux, aux écoles et aux hôtels (voir Martinot et Li, 2007). Les codes nationaux indiens sont initialement facultatifs, mais ils sont appelés à devenir obligatoires ultérieurement.

58. Les obligations de São Paulo portant sur les collecteurs solaires s'appliquent à toutes les nouvelles résidences équipées de plus de trois salles de bains et à tous les bâtiments industriels et commerciaux.

59. Les politiques sur les biocarburants sont tirées de sources très variées. Voir Kojima, Mitchell et Ward (2007) pour un bon résumé, ainsi que Greenprices 42 (2007). En 2007, la Californie a adopté une politique d'un genre nouveau en matière de biocarburants : une « norme sur les carburants à faible teneur en carbone » (LCFS) qui cible une réduction de 10 % de la teneur moyenne en carbone des carburants pour véhicules d'ici à 2020. Les Etats-Unis, au niveau fédéral, et la Commission européenne envisagent également des politiques de LCFS.

60. Outre les politiques mentionnées, il existe un nombre croissant d'initiatives et une collaboration accrue à l'échelle internationale en matière de biocarburants. On peut citer le Forum international sur les biocarburants, lancé en 2007 avec la participation du Brésil, des Etats-Unis, de la Chine, de l'Inde, de l'Union européenne et de l'Afrique du Sud, en vue de promouvoir un marché international, ainsi qu'un protocole d'accord entre le Brésil et les Etats-Unis sur la recherche en matière de biocarburants de deuxième génération. Pour une analyse récente des politiques commerciales et des questions relatives aux biocarburants, voir Kojima, Mitchell et Ward (2007).

61. Les sources récentes d'information sur l'énergie verte incluent RECS International (2005), Greenprices (2006), Brger (2007), www.recs.org, l'Association des instituts d'émission (2007), Bird et Swezey (2006), Bird (2007), le Green Power Partnership de l'EPA (2007), le GreenPower Accreditation Program (2007) et Whitmore et Bramley (2004).

62. Des informations sur les villes individuelles ont été fournies par ICLEI-Europe, www.martinot.info/solarcities.htm, le Worldwatch Institute et Cathy Kunkel, membre de l'université de Princeton et chercheur invité à l'université Tsinghua. Pour des descriptions et des sources plus détaillées, voir la Note N35 de l'édition 2005 du rapport et l'annexe 7 de l'édition 2007.

63. Beaucoup de régions plus restreintes, de comtés et de villages mettent également en oeuvre des politiques et des programmes en faveur des énergies renouvelables. Certains d'entre eux visent ou atteignent 100 % d'utilisation d'énergies renouvelables, dont plus d'une douzaine de localités allemandes, telles que Juehnde, en Basse Saxe. En Bavière, six comtés ruraux ont déclaré leur intention de devenir 100 % autonomes du point de vue énergétique d'ici à 2035.

64. Au plan municipal, toutefois, la définition d'un tel objectif est compliquée par la production industrielle, les émissions de l'industrie n'étant pas nécessairement imputables aux résidents de la ville. On compte un nombre croissant de « villes 100 % », qui ont pour objectif d'assurer la totalité de leur consommation à partir d'énergies renouvelables, telles que les villes allemandes de Emden, Kassel, Nuremberg et Wolfhagen.

65. L'Accord de protection du climat des maires et des responsables locaux du monde s'appuie sur les engagements existants des responsables locaux et de leurs associations, dont la campagne des villes pour la protection du climat de l'ICLEI, le Conseil mondial des maires sur les changements climatiques, l'accord des maires

américains pour la protection du climat, le C40 Climate Leadership Group et la Déclaration de Jeju de Cités et gouvernements locaux unis (CGLU). Voir www.iclei.org/climateagreement. Le sommet du C40, aux Etats-Unis, n'est pas mentionné dans le texte car son principal objectif est d'aider les villes à financer des améliorations en termes d'efficacité énergétique. Le programme australien pour des Cités solaires a arrêté son choix sur quatre villes : Adelaide, Blacktown, Townsville et Alice Springs. L'Initiative écologique locale de l'ICLEI a été lancée en 2005, avec pour objectif la création d'un réseau de villes modèles, en commençant par des activités en Europe, en Inde et au Brésil.

66. Les avancées de l'utilisation rurale des énergies renouvelables sont difficiles à suivre de manière exhaustive d'année en année, notamment en ce qui concerne l'utilisation de biomasse traditionnelle et moderne, qui reste prépondérante dans la consommation d'énergie rurale. La collecte de données exige beaucoup de temps et de personnes. Une mise à jour exhaustive de la section consacrée à l'énergie rurale pour la présente édition a été impossible. Voir les Notes N36 à N44 de l'édition 2005 du rapport pour les sources et les données originales de la plupart des informations de référence de la présente section.

67. Complété par des données fournies par Enda Energie (2006).

68. Ezzati et Kammen (2002). Voir aussi la Note N37 de l'édition 2005 du rapport.

69. Les fourneaux améliorés alimentés à la biomasse sont plus justement considérés comme une technologie liée au rendement énergétique plutôt que comme une technologie de production d'énergie renouvelable. Néanmoins, ils constituent à l'évidence une forme d'utilisation d'énergie renouvelable rurale, forme dotée d'une portée et de conséquences d'utilisation considérables. Les politiques et les programmes destinés à promouvoir des fourneaux efficaces ne sont donc pas des politiques de « promotion » des énergies renouvelables, comme c'est le cas des autres énergies renouvelables couvertes par le présent rapport, mais ils sont plutôt destinés à améliorer les impacts sur la santé, l'économie et les ressources d'une utilisation existante des énergies renouvelables (et, par conséquent, étroitement liés à la foresterie et à l'aménagement des terres durables). Il se peut que le nombre de fourneaux améliorés existants et en service soit nettement moins élevé que les chiffres communiqués ici. Ainsi, en Inde, certaines estimations font état d'une majorité de fourneaux ayant dépassé leur durée de vie utile et étant hors service. Voir AFRENPREN/FWD (2006). Le Rapport mondial sur l'énergie du PNUD et autres (2000) aborde les impacts environnementaux, dont les gaz à effet de serre, des fourneaux alimentés à la biomasse traditionnelle.

70. Les données actualisées pour la Chine et l'Inde proviennent de Martinot et Li (2007) et du ministère indien des Energies nouvelles et renouvelables (2007).

71. Les chiffres incluent les lanternes solaires en Inde. De plus amples détails sur les statistiques concernant les systèmes solaires domestiques et les caractéristiques des modèles commerciaux peuvent être obtenus à l'annexe 8, Note N34 de l'édition 2005 du rapport, ainsi que dans la note de fin 43 et le texte connexe de l'édition 2006 du rapport. Voir aussi la Banque mondiale (2007a) pour des programmes multilatéraux récents.

REN21 Renewable Energy
Policy Network
for the 21st Century



www.ren21.net