

# La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde

COLLECTION CHIFFRES ET STATISTIQUES

## *Worldwide electricity production from renewable energy sources*

STATS AND FIGURES SERIES



FONDATION ÉNERGIES POUR LE MONDE

Cet inventaire a été réalisé par  
Observ'ER et la Fondation Énergies pour le Monde  
avec le soutien financier d'EDF.

*This inventory was carried out by  
Observ'ER and Fondation Énergies pour le Monde  
with the financial support of EDF.*

## 2. Un aperçu des dynamiques régionales par filière *Survey of regional dynamics by sector*

*Decimals are written with a comma in the tables and graphs*

## 2.1. La production d'électricité d'origine hydraulique Electricity production from hydraulic sources

Le principe de l'hydroélectricité est d'utiliser la force de l'eau créée grâce à une hauteur de chute (barrage artificiel ou chute d'eau naturelle) pour qu'elle entraîne une turbine reliée à un générateur d'électricité. Certains barrages hydroélectriques sont équipés d'une centrale de pompage-turbinage. Celle-ci dispose obligatoirement d'un bassin supérieur et d'un bassin inférieur. Ce type de centrale peut, à choix, turbiner l'eau en cas de forte demande d'électricité, ou profiter, pendant les heures de faible demande, des excédents d'électricité disponibles pour pomper l'eau depuis le bassin inférieur et la remonter derrière le barrage. L'énergie potentielle de l'eau est soit stockée (pompage), soit utilisée (turbinage).

L'hydroélectricité est de loin la première source d'électricité renouvelable, occupant à elle seule 78 % du bouquet renouvelable. La filière est également la seconde source d'électricité mondiale avec un total de 3 663,4 TWh, soit une part de 16,2 % de la production d'électricité mondiale en 2012.

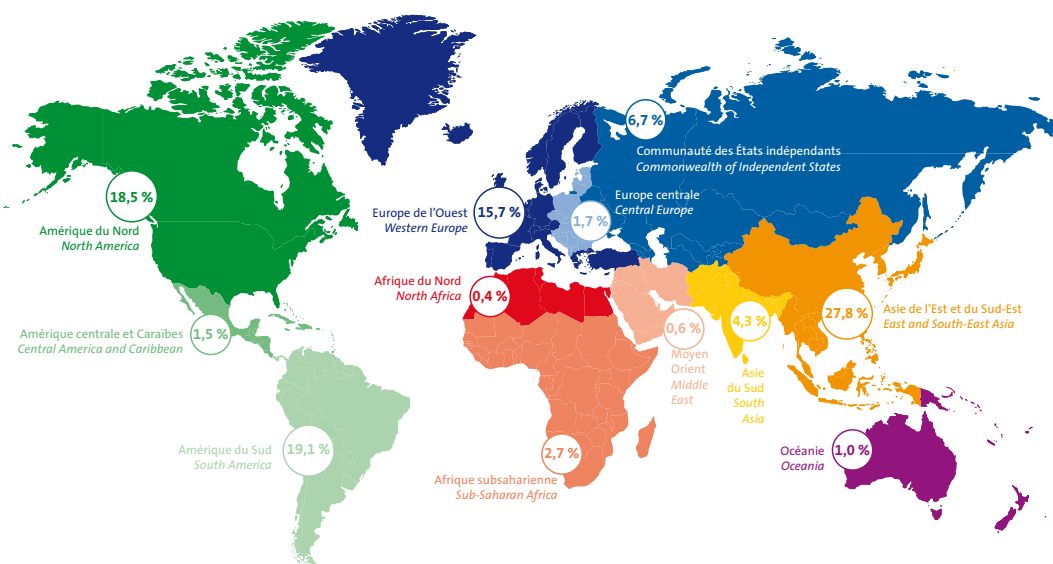
La production issue du pompage-turbinage est estimée cette année à 74,4 TWh, ce qui équivaut à 2 % du total hydroélectrique. Ce chiffre est en réalité un peu plus élevé, car certains grands

*The principle at work in hydroelectricity involves using the force of water created by a head of water (artificial dam or natural waterfall) to drive a turbine connected to an electricity generator. Some hydroelectric dams are equipped with a pumped-storage plant and therefore must have an upper and lower storage reservoir. This type of plant can either drive the water in the event of peak demand or take advantage of the surplus electricity available during low demand periods to pump the water from the lower storage reservoir and reverse the process, sending it up back behind the dam. The potential energy of the water is either stored or used.*

*Hydroelectricity is far and away the most important renewable electricity source, with a 78 % of the renewable mix. It is also the second most important source of total electricity with output at 3 663.4 TWh, or 16.2 % in 2012.*

*The pumped-storage component was put at 74.4 TWh in 2012, which equates to 2 % of the hydro-power total. However the figure must be higher, because a number of major hydropower producers like India, do not single out the actual contribution made by their pumped-storage plants.*

### Répartition de la production hydraulique par région – 2012 Breakdown of hydraulic production by region – 2012

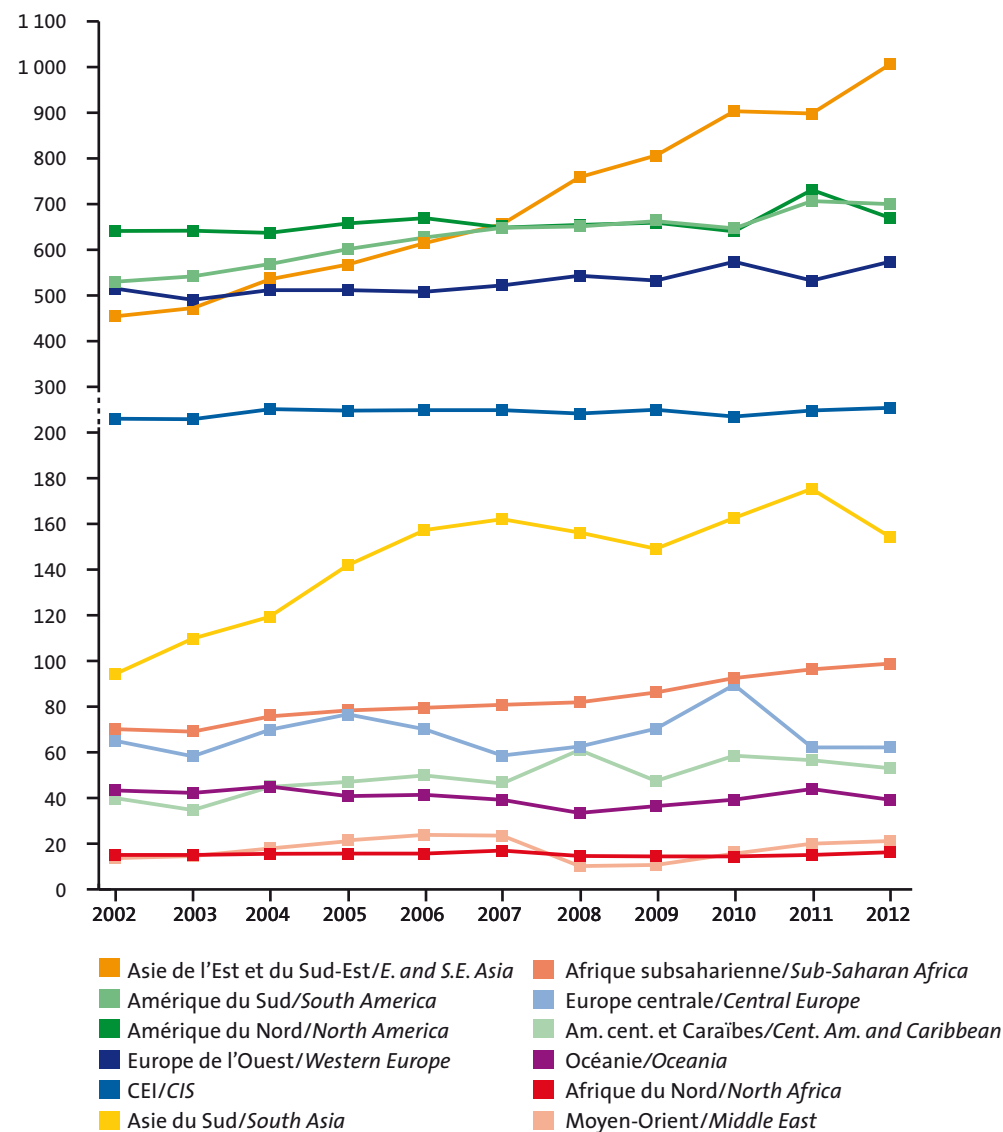


producteurs d'énergie hydroélectrique comme l'Inde ne précisent pas la contribution effective de leurs centrales de pompage-turbinage.

La répartition de la production hydroélectrique (pompage inclus) était au début des années 2000 relativement bien équilibrée

*Hydropower output at the beginning of the 2000s (including pumped-storage output) was relatively evenly spread across the four biggest producer regions, North America, South America, East and South-East Asia and Western Europe, with North America showing an advantage. However this order of affairs has been*

### Évolution de la production hydraulique par région (TWh) Hydraulic production growth by region (TWh)



entre les quatre plus grandes régions de production, l'Amérique du Nord, l'Amérique du Sud, l'Asie de l'Est et du Sud-Est et l'Europe de l'Ouest, avec un avantage pour l'Amérique du Nord. Les investissements colossaux réalisés dans la région Asie de l'Est et du Sud-Est, et dans une moindre mesure en Amérique du Sud, ont bouleversé la hiérarchie mondiale. L'Asie de l'Est et du Sud-Est est depuis 2007 la première région de production et représente désormais plus du quart de la production mondiale (27,8 % en 2012). Depuis cette même année, l'Amérique du Sud fait jeu égal avec l'Amérique du Nord, et la devance légèrement en 2012 avec une part de 19,1 % contre 18,5 %. L'Europe de l'Ouest, malgré une très bonne année en 2012, reste la quatrième région de production avec une part de 15,7 %.

Si l'hydroélectricité est la filière renouvelable la mieux partagée au monde, la plus grande partie de la production reste concentrée dans une minorité de pays disposant de larges territoires. Ainsi, les cinq premiers pays, à savoir la Chine (22,5 % à elle seule), le Brésil, le Canada, les États-Unis et la Russie, concentrent à eux seuls 56,9 % de la production en 2012. Si l'on y ajoute les cinq suivants, soit la Norvège, l'Inde, le Japon, le Venezuela et la Suède, la part s'établit à 70,6 %, et le reste du monde se partage les 29,4 % restants.

L'évolution de la production hydroélectrique dépend à la fois des variations annuelles de la pluviométrie et de la mise en service de nouvelles capacités de production. Sur la période étudiée, la filière affiche une croissance annuelle moyenne de 3,1 %, ce qui est une croissance modérée en comparaison des autres filières renouvelables – mis à part la géothermie – qui s'explique par la grande maturité de la filière et par ses niveaux élevés de production.

Entre 2011 et 2012, la production hydroélectrique a progressé de 3,8 %, ce qui équivaut à une hausse de 132,6 TWh. C'est en Asie de l'Est et du Sud-Est qu'a eu lieu la plus forte augmentation de la production (+150,6 TWh), notamment en raison du grand nombre de nouvelles installations en Chine, avec en particulier la mise en service de la dernière

*overtaken by the colossal investments made in East and South-East Asia, and to a lesser extent in South America. Since 2007, East and South-East Asia has been the top producer region and now accounts for more than a quarter of global output (27.8 % in 2012). At the same time, South America tied in second place with North America, and overtook it in 2012 with a 19.1 % to North America's 18.5 % share. Western Europe is the number four producer region with a 15.7 % share, despite having a good year in 2012.*

*While hydroelectricity is the most evenly distributed renewable sector, most of the production is concentrated in the hands of a few countries with very large landmasses. Accordingly the top five countries are China (22.5 % to itself), Brazil, Canada, the United States and Russia, contributed 56.9 % of the world's hydropower output in 2012. If the following five countries are added, namely Norway, India, Japan, Venezuela and Sweden, the share rises to 70.6 %, leaving the remaining 29.4 % to the rest of the world.*

*Hydroelectricity production trends are governed by annual rainfall fluctuations and also the commissioning of new generating capacities. Over the study period, the sector posted mean annual growth of 3.1 %, which compares badly with the other renewable sectors apart from geothermal power. The reason for this is the sector's maturity and its high production levels.*

*Output increased by 3.8 % between 2011 and 2012, which equates to a 132.6 TWh increase. The highest increase in hydropower output was registered in East and South-East Asia (150.6 TWh), primarily because of the many new facilities in China, and in particular the commissioning of the last phase of the Three Gorges Dam. It must also be remembered that China concentrates 80 % of the region's hydropower plants, with 249 GW of operating capacity in 2012. Although Western Europe's hydropower output has hardly increased (by just 1.1 % per annum on average from 2002-2012), output surged by 54 TWh in 2012, because of good rainfall. The growth of output in these two regions made up for most of the production shortfall in North and South America.*

*The low growth in African output in 2012 is at odds with the state of its hydropower market as*

phase du barrage des Trois Gorges. En outre, la filière chinoise cumule 80 % des centrales hydrauliques de la région, soit une puissance opérationnelle de 249 GW en 2012. Bien que la production hydroélectrique évolue peu en Europe de l'Ouest (+1,1 % par an en moyenne sur la période 2002-2012), la production a bondi de 54 TWh cette année, en raison d'une pluviométrie avantageuse. La croissance de la production dans ces deux régions compense largement la diminution de la production en Amérique du Nord et en Amérique du Sud.

La faible progression de la production africaine en 2012 n'est absolument pas représentative de l'état du marché hydraulique : les capacités installées sont en effet passées de 14 à 20 GW entre 2011 et 2012. Les pays leaders de la filière sont l'Éthiopie – qui a entrepris la construction du barrage de la Renaissance (5 250 MW) –, le Mozambique, l'Angola et le Nigéria.

D'après *The International Journal on Hydropower & Dams*, la puissance hydroélectrique installée dans le monde en 2013 a atteint pour la première fois le seuil des 1 000 GW (1 011 GW exactement) et, selon cette même source, les capacités en cours de construction s'élèvent à 224,2 GW. Les principaux projets de centrales se trouvent en Asie, avec 158,2 GW en construction, en Amérique du Sud (29,1 GW) et en Afrique (20 GW).

#### Principaux pays producteurs en hydroélectricité – 2012

##### Main hydroelectricity-producing countries – 2012

PAYS COUNTRIES	PRODUCTION (TWh) 2012	PART PROD. MONDIALE SHARE OF WORLD PRODN.
Chine/China	823,3	22,5 %
Brésil/Brazil	416,8	11,4 %
Canada/Canada	380,1	10,4 %
États-Unis/United States	298,1	8,1 %
Russie/Russia	164,8	4,5 %
Norvège/Norway	142,9	3,9 %
Inde/India	114,8	3,1 %
Japon/Japan	85,7	2,3 %
Venezuela/Venezuela	82,4	2,2 %
Suède/Sweden	78,6	2,1 %
<b>Reste du monde/Rest of the world</b>	<b>1075,9</b>	<b>29,4 %</b>
<b>Monde/World</b>	<b>3 663,4</b>	<b>100,0 %</b>

*installed capacities on the continent increased from 14 to 20 GW between 2011 and 2012. The leading countries in the sector are Ethiopia, which has started construction on the 5 250-MW Renaissance Dam, followed by Mozambique, Angola and Nigeria.*

*According to The International Journal on Hydropower & Dams, global installed hydro-power capacity passed the 1 000-GW threshold (1 011 GW to be exact) in 2013, and the journal also claims that the capacities under construction amount to 224.2 GW. The main hydro-power plant projects are in Asia, with 158.2 GW under construction, South America (29.1 GW) and Africa (20 GW).*

## 2.2. La production d'électricité d'origine éolienne Electricity production from wind sources

L'énergie éolienne a confirmé en 2012 son statut de deuxième source de production d'électricité renouvelable (534,3 TWh). Elle représente désormais 11,4 % de la production mondiale d'électricité renouvelable et 2,4 % de la production totale d'électricité.

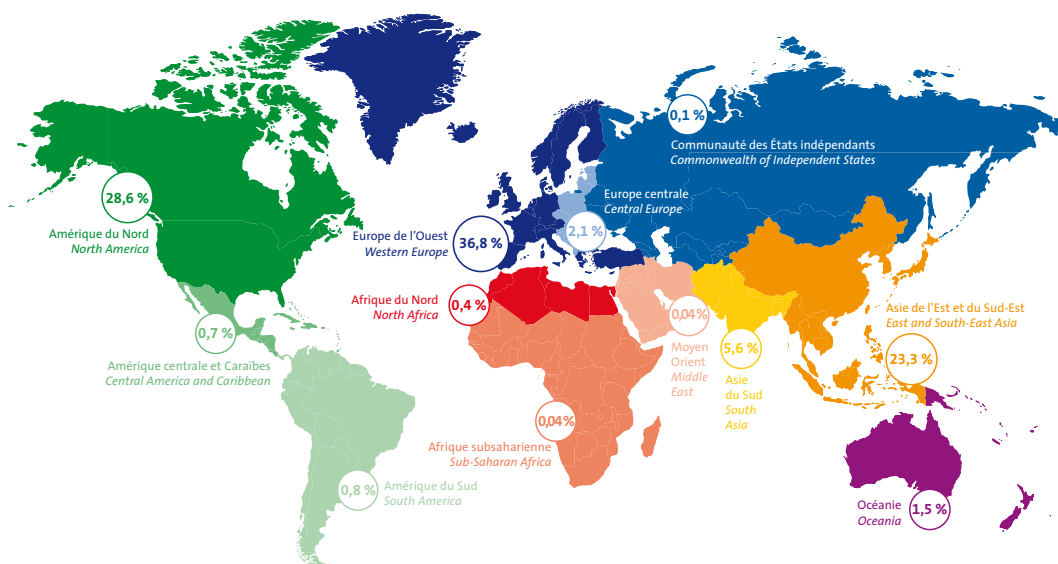
L'Europe de l'Ouest est demeurée en 2012 la principale région productrice, générant 36,8 % de l'électricité éolienne mondiale, devant l'Amérique du Nord (28,6 %) et l'Asie de l'Est et du Sud-Est (23,3 %). L'Asie du Sud (5,6 %), l'Europe centrale (2,1 %) et l'Océanie (1,5 %) sont également impliquées dans cette production. L'implantation de parcs éoliens est plus récente et beaucoup plus modeste dans les autres régions du monde.

Si de plus en plus de pays disposent d'une filière éolienne (77 pays recensés fin 2012), l'essentiel de la production reste concentré dans un nombre restreint de pays. Ainsi, les cinq premiers producteurs (États-Unis, Chine, Espagne, Allemagne, Inde) se partagent 71,9 % de la production mondiale. Si l'on y ajoute le Royaume-Uni, la France, l'Italie, le Canada et le Danemark, la part atteint 85 %.

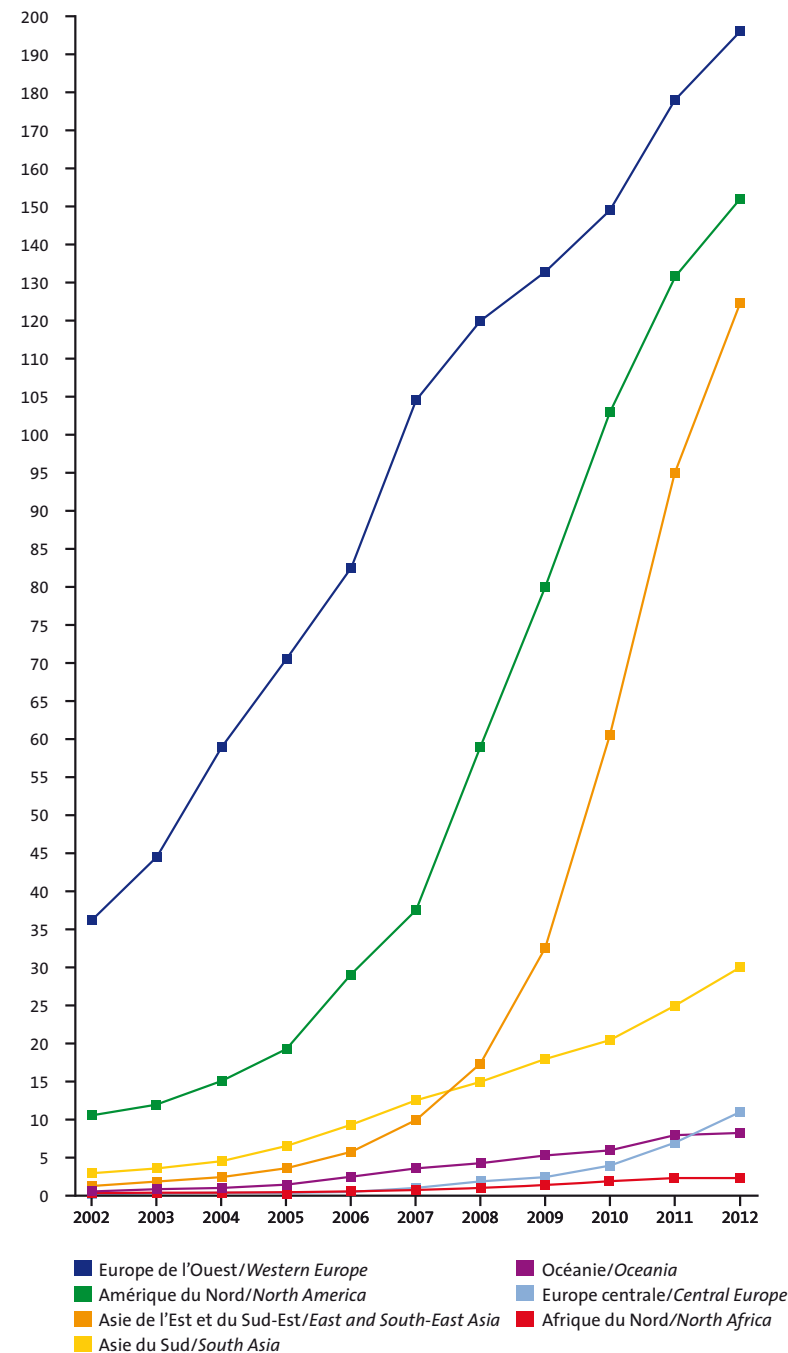
*Wind energy confirmed its status as the number two source of renewable electricity production in 2012 (with output at 534.3 TWh). It now accounts for 11.4 % of worldwide renewable electricity production and 2.4 % of global electricity production.*

*Western Europe remained the leading producer region by generating 36.8 % of the world's wind power in 2012 ahead of North America (28.6 %) and East and South-East Asia (23.3 %). South Asia (5.6 %), Central Europe (2.1 %) and Oceania (1.5 %) also make respectable contributions. The installation of wind farms is more recent and on a much smaller scale in the other regions. While an increasing number of countries have a wind power sector (77 countries identified at the end of 2012), most of the production is concentrated in a few countries' hands. The top five producers (United States, China, Spain, Germany and India) share 71.9 % of global production. If we add the United Kingdom, France, Italy, Canada and Denmark, the share rises to 85 %. Wind power has spread to all the world's regions, and everywhere the sector's mean annual growth rate was in double figures over*

Répartition de la production éolienne par région – 2012  
Breakdown of wind power production by region – 2012



Évolution de la production éolienne par région (TWh)  
Wind power production growth by region (TWh)





La filière éolienne se mondialise : toutes les régions du monde disposent d'une filière et elles présentent toutes un taux de croissance annuel moyen à deux chiffres sur la période 2002-2012. Si certains taux sont davantage représentatifs d'un démarrage de filière, d'autres le sont d'une réelle montée en puissance. C'est notamment le cas de l'Asie de l'Est et du Sud-Est (+57,5 % par an en moyenne), de l'Amérique du Nord (+30,4 %) et à plus petite échelle de l'Asie du Sud (+26 %). On assiste donc à un phénomène de rattrapage de l'Europe de l'Ouest (+18,4 % par an en moyenne) par les autres régions du monde, les perspectives de croissance étant particulièrement importantes en Asie.

Entre 2011 et 2012, la filière éolienne est, après l'hydraulique, celle qui a le plus contribué à l'augmentation de la production d'électricité renouvelable (30 %). Sur l'ensemble de la période étudiée, l'éolien a connu un taux de croissance annuel moyen de 26,1 %. Sa production a ainsi été multipliée par dix en l'espace d'une décennie (+481,8 TWh) Elle est actuellement l'énergie renouvelable la plus à même de seconder la filière hydraulique pour stopper l'augmentation continue de l'utilisation des combustibles fossiles pour la production d'électricité.

La puissance éolienne installée dans le monde fin 2012 s'élève à 282,7 GW, soit 44,7 GW de capacités nouvellement installées cette année. L'Union européenne est la région qui détient le plus vaste parc éolien au monde, avec une puissance cumulée qui s'élève à 106,2 GW. La Chine dispose quant à elle de la plus vaste filière éolienne (75,3 GW en 2012), devant les États-Unis (60 GW). Elle devrait donc logiquement prendre la première place mondiale au niveau de la production grâce au développement de ses infrastructures réseaux qui amélioreront les capacités d'intégration de sa puissance éolienne. Selon le Medium-Term Renewable Energy Market Report 2013 de l'Agence internationale de l'énergie, 20 % de la puissance éolienne totale du pays en 2012 attendrait d'être connectée. La dynamique des nouvelles installations reste actuellement largement à l'avantage de l'Amérique du Nord et de l'Asie de l'Est et du Sud-Est qui remontent progressivement leur retard sur les pays d'Europe de l'Ouest.

## Principaux pays producteurs d'électricité éolienne – 2012

### Main wind power producing countries – 2012

PAYS COUNTRIES	PRODUCTION (TWh) 2012	PART PROD. MONDIALE SHARE OF WORLD PRODN.
États-Unis/United States	140,9	26,4 %
Chine/China	118,1	22,1 %
Espagne/Spain	49,1	9,2 %
Allemagne/Germany	46,0	8,6 %
Inde/India	30,0	5,6 %
Royaume-Uni/United Kingdom	19,6	3,7 %
France/France	14,9	2,8 %
Italie/Italy	13,4	2,5 %
Canada/Canada	11,8	2,2 %
Danemark/Denmark	10,3	1,9 %
<b>Reste du monde/Rest of the world</b>	<b>80,2</b>	<b>15,0 %</b>
<b>Monde/World</b>	<b>534,3</b>	<b>100,0 %</b>

*the decade to 2012. While some of these rates are typical of sector start-up, others testify to real capacity build-up. This specifically applies to the mean annual growth rates of East and South-East Asia (57.5 %), North America (30.4 %) and to a lesser extent to South Asia (26 %). These other regions are converging with Western Europe (growing at an average 18.4 % per annum), and in Asia the growth prospects are particularly exciting.*

*Between 2011 and 2012, the wind power sector contributed more than any other renewable source after hydropower to the increase in renewable electricity output (30 %), while over the whole study period, its mean annual growth rate was 26.1 %. In the space of a decade, output increased by a factor of ten (481.8 TWh) and it is now the most likely renewable energy sector to back up hydropower in halting the relentless increase in fossil fuel use to generate power.*

*Global installed wind power capacity at the end of 2012 stood at 282.7 GW, i.e. 44.7 GW of new capacity was installed during the year. The European Union has the world's biggest wind turbine fleet with total capacity of 106.2 GW. China has the biggest wind power sector (75.3 GW in 2012), ahead of the United States (60 GW). Once its grid infrastructures are developed to integrate its wind turbine output, China will take over the leadership. The International Energy Agency Medium-Term Renewable Energy Market Report 2013 claims that 20 % of the China's total wind turbine capacity in 2012 is waiting to be connected to the grid. North America and East and South-East Asia appear to have the upper hand in terms of new installation work as they gradually catch up with head start made in Western Europe.*

## 2.3. La production d'électricité issue de la biomasse Electricity production from biomass

La filière biomasse est répartie en quatre catégories : la biomasse solide (bois, déchets de bois, bagasse, déchets agricoles, déjections animales), le biogaz (de décharge, de stations d'épuration ou d'unités de méthanisation industrielles ou agricoles), les déchets municipaux renouvelables solides et la biomasse liquide (bioéthanol, biodiesel, huile végétale, etc.). Cette quatrième catégorie de biomasse reste très peu utilisée pour la production d'électricité, sa principale vocation étant la carburation automobile.

En considérant l'ensemble de la filière, la biomasse a généré 326 TWh, ce qui correspond à une part de 6,9 % de la production mondiale d'électricité renouvelable et une contribution d'1,4 % à la production totale d'électricité. Elle se situe au troisième rang des sources d'électricité renouvelable derrière l'hydraulique et l'éolien. Son usage pour la production d'électricité est restreint, comparé à l'importance de son utilisation pour les usages thermiques. Les filières biomasse représentent en effet plus des trois quarts (74,9 % en 2011 selon l'Agence internationale de l'énergie) de la production mondiale d'énergie renouvelable (chaleur, électricité, carburant), loin devant l'hydraulique (17,6 %).

*The biomass sector breaks down into four categories – solid biomass (wood, wood waste, bagasse, farming waste and animal manure), biogas (from landfills, sewage treatment plants or industrial or farm anaerobic digesters), solid renewable municipal waste and liquid biomass (bioethanol, biodiesel, vegetable oil, etc.). Liquid biomass is mainly used as automobile carburation and only marginally for producing electricity.*

*If we take the sector as a whole, biomass generated 326 TWh, which covers 6.9 % of worldwide renewable electricity output and 1.4 % of total electricity production. It is the third-ranked renewable electricity source behind hydropower and wind power.*

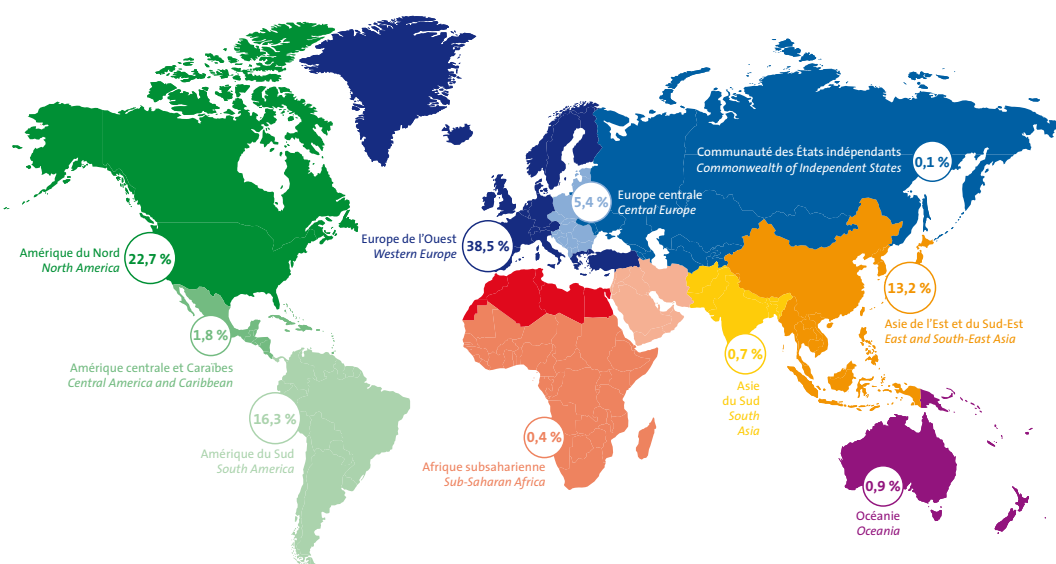
*If we compare its use for generating electricity with its use for thermal purposes we discover that the biomass segments actually yield more than three-quarters (74.9 % in 2011 according to the International Energy Agency) of global renewable energy output (heat, electricity and fuel), dwarfing hydropower (17.6 %), but relatively little electricity.*

*Most biomass electricity comes from solid biomass combustion (71.3 %). The other produc-*

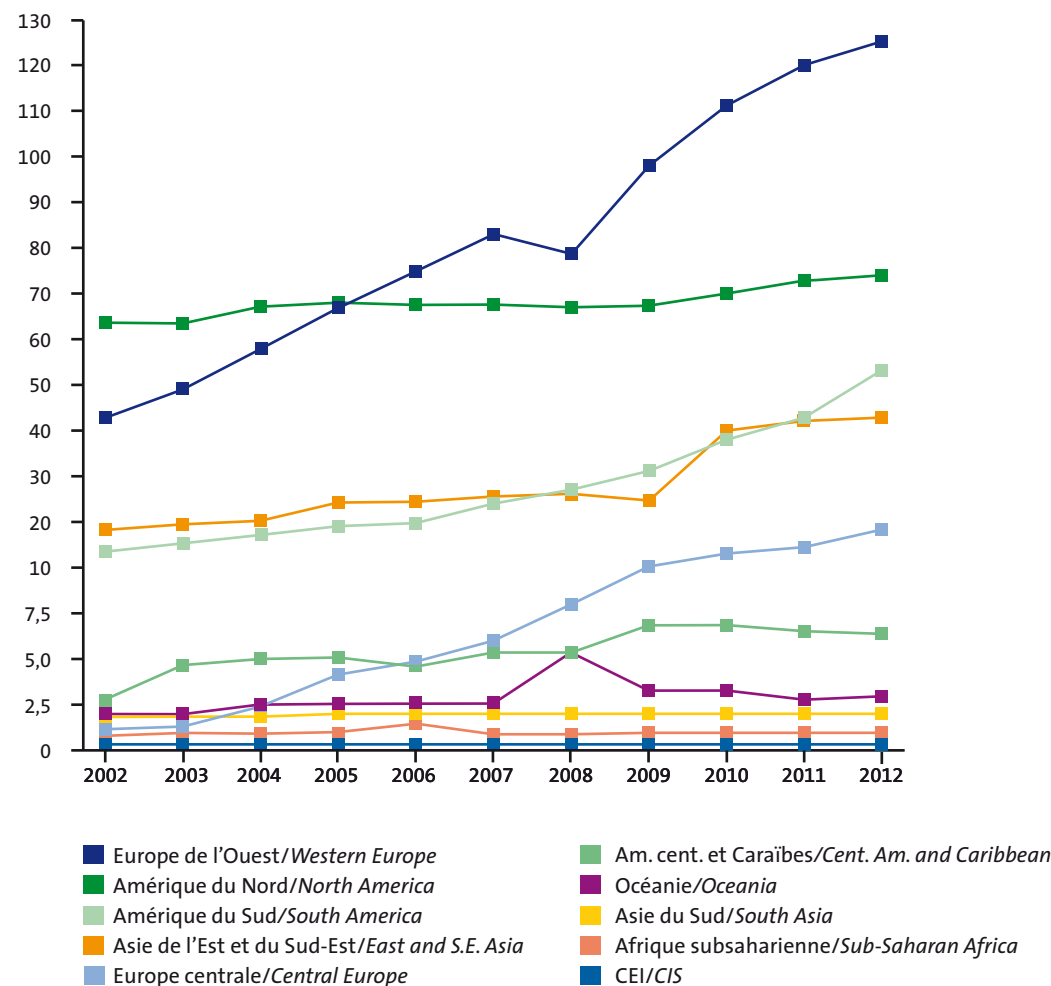
tion segments are biogas (17.8 %), the renewable part of household waste (10 %) and liquid biomass (1 %). All the regions excluding North Africa have a biomass electricity conversion sector. Western Europe is the main producer region (38.5 % of global production), while it is also highly-developed in North America (22.7 % of global production), South America (16.3 %), East and South-East Asia (13.2 %) and Central Europe (5.4 %). The sector is struggling to get on its feet in some regions such as the Commonwealth of

tion segments are biogas (17.8 %), the renewable part of household waste (10 %) and liquid biomass (1 %). All the regions excluding North Africa have a biomass electricity conversion sector. Western Europe is the main producer region (38.5 % of global production), while it is also highly-developed in North America (22.7 % of global production), South America (16.3 %), East and South-East Asia (13.2 %) and Central Europe (5.4 %). The sector is struggling to get on its feet in some regions such as the Commonwealth of

### Répartition de la production à partir de la biomasse par région – 2012 Breakdown of biomass source production by region – 2012



### Évolution de la production biomasse par région (TWh) Biomass power production growth by region (TWh)



haut niveau en Amérique du Nord (22,7 % de la production mondiale), en Amérique du Sud (16,3 %), en Asie de l'Est et du Sud-Est (13,2 %) et en Europe centrale (5,4 %). Dans certaines régions, la filière tarde encore à se développer : Communauté des États indépendants (CEI), Moyen-Orient et même Asie du Sud. Tout comme les autres filières renouvelables, la production d'électricité biomasse reste concentrée dans un nombre restreint de pays. Les cinq premiers producteurs, à savoir les États-Unis (de loin les premiers avec 63,3 TWh), le Brésil (42 TWh), l'Allemagne (41,4 TWh), le Japon (31,8 TWh) et le Royaume-Uni (15,2 TWh) représentent plus de la moitié de la production mondiale (59,4 %). Ce pourcentage passe à 74,4 % si l'on ajoute les cinq pays suivants (Finlande, Suède, Italie, Pologne et Pays-Bas).

La croissance de la filière est régulière sur la période. Son accroissement annuel moyen est de 8,3 % depuis 2002 (+6 % entre 2011 et 2012). Ce niveau de croissance lui a permis de plus que doubler sa production en dix ans (+179 TWh). Cette augmentation est en majeure partie assurée par l'Europe de l'Ouest, à hauteur de 82,6 TWh, soit près de la moitié de la contribution totale (46,2 %). Trois autres régions y ont aussi contribué de manière importante. Il s'agit de l'Amérique du Sud (+39,6 TWh), de l'Asie de l'Est et du Sud-Est (+24,9 TWh) et de l'Europe centrale (+16,5 TWh).

La croissance de l'électricité issue de la biomasse devrait rester positive dans les prochaines années, notamment grâce au développement des centrales de cogénération qui optimisent le rendement énergétique de la biomasse en produisant à la fois de l'électricité et de la chaleur. Ces centrales sont développées pour l'alimentation des réseaux de chaleur destinés au chauffage urbain ou aux process industriels.

Un autre axe de développement est la conversion des centrales à charbon, dont le parc est vieillissant en Europe, en unités de co-combustion biomasse charbon, notamment par le biais du développement du granulé de bois. Ce développement s'inscrit dans l'effort de modernisation des centrales à charbon existantes qui vise à réduire les émissions de

*Independent States (CIS), the Middle-East and even South Asia.*

*Like all the other renewable sectors, biomass electricity production is concentrated in a few countries. The top five producers, namely the United States (unassailable with 63.3 TWh), Brazil (42 TWh), Germany (41.4 TWh), Japan (31.8 TWh) and the United Kingdom (15.2 TWh) provide more than half the production worldwide (59.4 %). If we add the following five producer countries (Finland, Sweden, Italy, Poland and the Netherlands), the percentage rises to 74.4 %.*

*Sector growth was regular over the period. Its mean annual growth rate has been 8.3 % since 2002 (but 6 % between 2011 and 2012), while output more than doubled (by 179 TWh) in a decade on the strength of this growth rate. Most of this increase – 82.6 TWh – or almost half of the total contribution (46.2 %) has been provided by Western Europe. Three other regions have also made significant contributions to the increase, namely South America (39.6 TWh), East and South-East Asia (24.9 TWh) and Central Europe (16.5 TWh).*

*The growth of biomass-fuelled electricity should hold good for the next few years, primarily through the development of cogeneration plants that optimise the energy yield of biomass by producing electricity and heat at the same time. These plants are developed to supply district heating networks or supply industrial process heat.*

*Another development priority is the conversion of coal-fired power plants, which particularly Europe's aging stock, into biomass/coal co-firing plants, primarily through the use of wood pellets. This move is part of the effort to modernise existing coal-fired plants by reducing CO<sub>2</sub> emissions and their contribution to greenhouse gas emissions.*

*Another more controversial line of development is the choice by a number of countries such as Germany, to develop their anaerobic digestion sector using energy crops (such as maize) as feedstock combined with various types of organic farming, livestock or food-processing industry waste.*

CO<sub>2</sub> et donc à diminuer la contribution de ces centrales à l'effet de serre.

Un dernier axe de développement, davantage soumis à controverse, est le choix de certains pays, comme l'Allemagne, de développer leur filière de méthanisation en utilisant comme intrant une base importante de cultures énergétiques (comme le maïs) associée à différents types de déchets organiques issus de l'agriculture, de l'élevage ou de l'industrie agroalimentaire.

#### Principaux pays producteurs d'électricité à partir de la biomasse – 2012

##### Main biomass electricity-producing countries – 2012

PAYS COUNTRIES	PRODUCTION (TWh) 2012	PART PROD. MONDIALE SHARE OF WORLD PRODN.
États-Unis/United States	63,3	19,4 %
Brésil/Brazil	42,0	12,9 %
Allemagne/Germany	41,4	12,7 %
Japon/Japan	31,8	9,8 %
Royaume-Uni/United Kingdom	15,2	4,7 %
Finlande/Finland	10,8	3,3 %
Suède/Sweden	10,7	3,3 %
Italie/Italy	10,2	3,1 %
Pologne/Poland	10,0	3,1 %
Pays-Bas/The Netherlands	7,2	2,2 %
<b>Reste du monde/Rest of the world</b>	<b>83,5</b>	<b>25,6 %</b>
<b>Monde/World</b>	<b>326,2</b>	<b>100,0 %</b>

## 2.4. La production d'électricité d'origine solaire Electricity production from solar sources

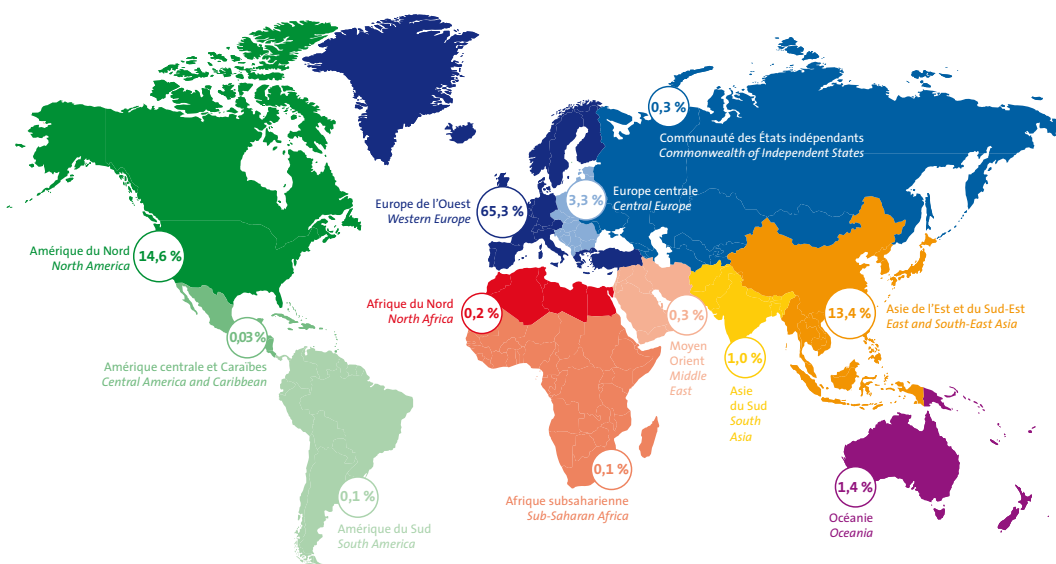
La production d'électricité solaire repose sur deux technologies bien distinctes. La technologie des modules photovoltaïques utilise une des propriétés des semi-conducteurs (généralement le silicium) qui, au contact de la lumière, génèrent un courant électrique. La seconde technologie est celle des centrales héliothermodynamiques (ou centrales solaires thermiques). Cette technologie consiste à concentrer le rayonnement solaire à l'aide de miroirs sur un point focal afin d'obtenir des températures très élevées (de 400 à 1 000 °C) qui permettent la production de vapeur d'eau et donc d'électricité. Ces centrales peuvent fonctionner avec une autre source d'énergie (généralement du gaz naturel). On parle alors de centrales hybrides. Elles peuvent également être équipées de systèmes de stockage, permettant de poursuivre la production d'électricité après la tombée du jour ou, en l'absence temporaire de luminosité, durant la journée.

Le solaire photovoltaïque peut être utilisé à la fois pour des applications reliées au réseau, c'est le cas des centrales solaires terrestres de grande puissance (jusqu'à plusieurs dizaines

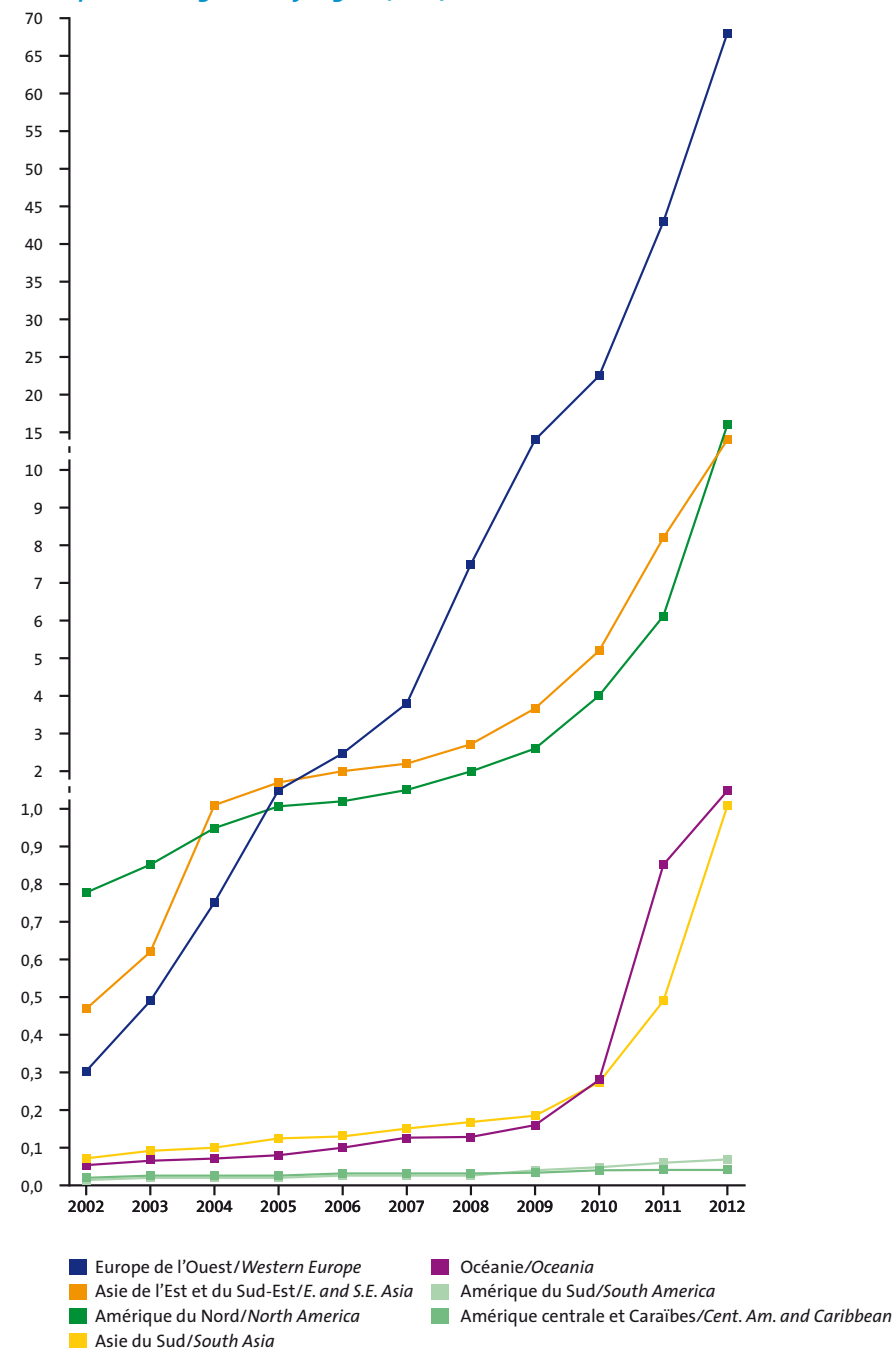
*Two quite distinct technologies are used to produce solar power. Photovoltaic module technology uses one of the properties of (generally silicon) semi-conductors that generates electrical current when it comes into contact with light. The second technology is solar thermal plant (or concentrated solar power plant) technology that concentrates the sun's rays using mirrors on a focal point to obtain very high temperatures (400–1 000 °C) to produce water vapour and thus electricity. These CSP plants can operate with another energy source (generally natural gas), in which case they are known as hybrid plants. They can also be equipped with storage systems, to continue producing electricity after sundown or in the temporary absence of sunlight during the day.*

*Solar photovoltaic power can be used for on-grid applications, such as high-capacity ground-based plants (up to several tens of megawatts) and building-integrated power plants (roofs and facades), but also for off-grid applications in areas where grid connection is not economically viable. On-grid applications account for most of the world's solar power production. It is also worth mentioning that solar sector*

Répartition de la production solaire par région – 2012  
Breakdown of solar production by region – 2012



Évolution de la production solaire par région (TWh)  
Solar production growth by region (TWh)





de mégawatts) et des centrales installées sur les bâtiments (toits et façades), mais également pour des applications non reliées au réseau, dans les zones où la connexion n'est économiquement pas envisageable. La part des applications réseau représente l'essentiel de la production mondiale d'électricité solaire. Il est aussi intéressant de noter que la croissance de la filière solaire dans les pays développés et en développement ne répond pas forcément aux mêmes besoins. En effet, dans les régions développées, le développement de l'électricité solaire se fait par la connexion des centrales au réseau électrique. En revanche, dans les régions en développement (Asie du Sud, Amérique du Sud, Afrique subsaharienne), la croissance de la filière solaire répond davantage à des besoins décentralisés comme l'électrification domestique et les télécommunications.

Fait remarquable, grâce à un développement considérable (+50,6 % par an en moyenne entre 2002 et 2012) caractérisé par une croissance exponentielle sur la fin de la période, le solaire est à présent mieux représenté que la géothermie dans le mix électrique mondial. La filière a franchi le cap des 100 TWh en 2012 (104,5 TWh exactement), dont 100,4 TWh proviennent de la technologie photovoltaïque et 4,1 TWh de l'héliothermodynamie. La part de l'électricité solaire dans la production d'électricité mondiale est désormais de 0,5 % et de 2,2 % dans la production d'électricité renouvelable. Longtemps considéré comme marginal par certains pays, le solaire s'est révélé extrêmement prometteur. Son niveau de production est aujourd'hui au même stade de développement que l'était la filière éolienne en 2005, mais sa courbe de progression actuelle est près de deux fois plus dynamique que celle de l'éolien à l'époque. Parallèlement au photovoltaïque, on observe la renaissance de la filière héliothermodynamique. Alors que l'Espagne dominait la filière jusqu'en 2011, les États-Unis, pionniers de cette technologie, ont repris le flambeau en 2012, avec une production qui a atteint 2,2 TWh contre 1,8 TWh en Espagne. Malgré une année 2012 florissante sur le plan des installations, le marché européen n'invite

*growth in developed and developing countries does not necessarily meet the same needs. For in the former, solar power development involves the plants feeding the national grid, while in the latter (South Asia, South America and Sub-Saharan Africa), solar sector growth has more to do with decentralised needs such as household and telecommunications electrification.*

*An outstanding fact is that solar power has overtaken geothermal power in the global electricity mix through its considerable growth (at a mean annual rate of 50.6 % between 2002 and 2012) which was positively exponential at the end of the period. The sector passed the 100 TWh milestone in 2012 (104.5 TWh to be precise), with 100.4 TWh from photovoltaic technology and 4.1 TWh from CSP. The solar power share of global electricity production is now 0.5 % and 2.2 % of the renewable mix.*

*Many countries considered solar power as a fringe source for a long time but it has turned out to be extremely promising. Its production level is now at the same stage of development as wind power was in 2005, but its current growth curve is twice as brisk as that of wind power at the time.*

*The concentrated solar power segment is also undergoing a revival. Although Spain dominated the sector until 2011, the United States which pioneered this technology, took the lead from Spain in 2012, by generating 2.2 TWh against 1.8 TWh by Spain.*

*Although the European market had a busy year for installations, it has no room for optimism since the Spanish moratorium was pronounced on renewable energy plants. European industry is now looking for international outlets, as other regions will have to run with the ball, such as North America, but also North Africa, the Middle-East and Oceania. In the last few years, CSP has started to surface in Morocco, Algeria, Egypt, Iran and Australia. Some countries, such as Algeria and Saudi Arabia, have already announced their intention to develop very large-scale sectors with installation targets of 7 and 25 GW respectively.*

*Solar power production (all technologies) is mainly concentrated in Western Europe (65.3 %). The other major producing regions are*

## Principaux pays producteurs d'électricité solaire – 2012

### Main solar power producing countries – 2012

PAYS COUNTRIES	PRODUCTION (TWh) 2012	PART PROD. MONDIALE SHARE OF WORLD PRODN.
Allemagne/Germany	28,0	26,8 %
Italie/Italy	18,9	18,0 %
États-Unis/United States	15,0	14,3 %
Espagne/Spain	11,9	11,4 %
Japon/Japan	7,2	6,9 %
Chine/China	5,2	5,0 %
France/France	4,1	3,9 %
République tchèque/Czech Republic	2,2	2,1 %
Belgique/Belgium	1,7	1,6 %
Australie/Australia	1,5	1,4 %
<b>Reste du monde/Rest of the world</b>	<b>9,0</b>	<b>8,6 %</b>
<b>Monde/World</b>	<b>104,5</b>	<b>100,0 %</b>

plus à l'optimisme depuis le moratoire espagnol sur les centrales de production d'énergies renouvelables. L'industrie européenne tente donc de se tourner vers l'international. En effet, d'autres régions du monde devraient prendre le relais – en Amérique du Nord, bien entendu, mais également en Afrique du Nord, au Moyen-Orient et en Océanie. Ces dernières années, le solaire thermodynamique a émergé au Maroc, en Algérie, en Égypte, en Iran et en Australie. Certains pays ont d'ores et déjà annoncé leur volonté de développer des filières de très grande ampleur, notamment l'Algérie et l'Arabie Saoudite qui ont prévu d'installer respectivement 7 et 25 GW.

La production d'électricité solaire (toutes technologies) est aujourd'hui essentiellement concentrée dans la région Europe de l'Ouest (65,3 %). Les autres grandes régions de production de cette forme d'énergie sont l'Amérique du Nord (14,6 %) et l'Asie de l'Est et du Sud-Est (13,4 %). La filière prend aussi de l'importance en Europe centrale (3,3 % de la production mondiale) grâce aux politiques incitatives de certains pays de l'Union européenne. L'Allemagne est leader mondial en termes de production d'électricité solaire. En 2012, le pays a produit 28 TWh, soit à lui seul 26,8 % de la production mondiale. Sa production est entiè-

*North America (14.6 %) and East and South-East Asia (13.4 %). Solar power is also gaining ground in Central Europe (3.3 % of global output) thanks to the incentive policies of some EU countries.*

*Germany was the leading solar power producer in 2012, with 28 TWh, alone accounting for 26.8 % of global output based entirely on solar photovoltaic technology.*

*As in the case of wind power, most of the solar power output is concentrated in the hands of the top five producer countries (Germany, Italy, the United States, Spain and Japan) which produce 77.4 % of all solar power. If we add the following five countries the share is 91.4 %.*

*Global installed solar photovoltaic capacity has shot up over the past four years from 14.7 GWp in 2008 to 97.4 GWp in 2012. It comes as no surprise, that most of this capacity was installed in the European Union (68.8 GW), which accommodates 70 % of the world's solar power-generating capacities. Although the European market slipped in 2012, the world market was more or less stable, with 30 GWp of newly commissioned capacity, thanks to the build-up of the American and Asian markets.*

rement assurée par le solaire photovoltaïque. Comme pour l'éolien, l'essentiel de la production solaire est concentré dans les cinq premiers pays producteurs (Allemagne, Italie, États-Unis, Espagne et Japon) qui à eux seuls fournissent 77,4 % de l'électricité solaire. Si l'on ajoute les cinq pays suivants, ce taux atteint 91,4 %.

La puissance solaire photovoltaïque installée dans le monde a connu une forte croissance ces quatre dernières années, passant de 14,7 GWc en 2008 à 97,4 GWc en 2012. Sans surprise, l'essentiel de cette puissance a été installé dans l'Union européenne (68,8 GW), laquelle comptabilise 70 % des capacités de production mondiales. Bien que le marché européen soit en recul en 2012, le marché mondial est resté à peu près stable, avec 30 GWc nouvellement mis en service, grâce à une montée en puissance des marchés américain et asiatique.

## 2.5. La production d'électricité d'origine géothermique Electricity production from geothermal sources

La production d'électricité géothermique consiste à convertir la chaleur des nappes aquifères haute température (de 150 à 350 °C) à l'aide de turboalternateurs. Si la température de la nappe est comprise entre 100 et 150 °C, il est également possible de produire de l'électricité en utilisant la technologie du cycle binaire. Dans ce cas, un échangeur transmet la chaleur de la nappe à un fluide (isobutane, isopentane, ammoniac) qui a la propriété de se vaporiser à une température inférieure à celle de l'eau.

La géothermie est essentiellement développée dans les zones volcaniques et les zones d'activité tectonique, comme la ceinture de feu qui borde, à l'ouest et à l'est, l'océan Pacifique. La production géothermique a atteint 70,4 TWh en 2012 ; ce qui équivaut à 1,5 % de la production d'électricité renouvelable mondiale et à 0,3 % de la production totale.

Sur les douze régions que compte le monde, sept produisent de l'énergie géothermique. Les cinq grandes régions de production sont l'Asie de l'Est et du Sud-Est (29,7 % de l'électricité géothermique mondiale), l'Amérique

*Geothermal electricity production entails converting the heat of high-temperature aquifers (150–350 °C) using AC turbo generators. If the groundwater temperature is 100–150 °C, electricity can be produced by using binary cycle technology, in which case an exchanger transmits the groundwater heat to a fluid (isobutane, isopentane or ammonia) that flashes to a vapour at a lower temperature than that of the water. Geothermal power is generally harnessed in volcanic zones and tectonic activity zones, such as the Pacific Ring of Fire that borders the Pacific Ocean to the west and east. Geothermal power output rose to 70.4 TWh in 2012, which equates to 1.5 % of global renewable electricity production and 0.3 % of total electricity production.*

*Seven of the world's twelve regions have geothermal sectors. The five major production regions are East and South-East Asia (29.7 % of global geothermal electricity), North America (27.9 %), Western Europe (16.9 %), Central America and the Caribbean (13.4 %) and Oceania (9.3 %). Geothermal electricity production is highly concentrated in a few countries. Between them, the top five (United States, the Philip-*

du Nord (27,9 %), l'Europe de l'Ouest (16,9 %), l'Amérique centrale et Caraïbes (13,4 %) et l'Océanie (9,3 %).

La production d'électricité géothermique est fortement concentrée sur quelques pays. Les cinq premiers (États-Unis, Philippines, Indonésie, Nouvelle-Zélande, Mexique) représentent à eux seuls plus de 70 % de la production mondiale (70,8 % en 2012). Si l'on ajoute les cinq suivants (Italie, Islande, Japon, Salvador et Kenya), on obtient 94,5 % de la production mondiale.

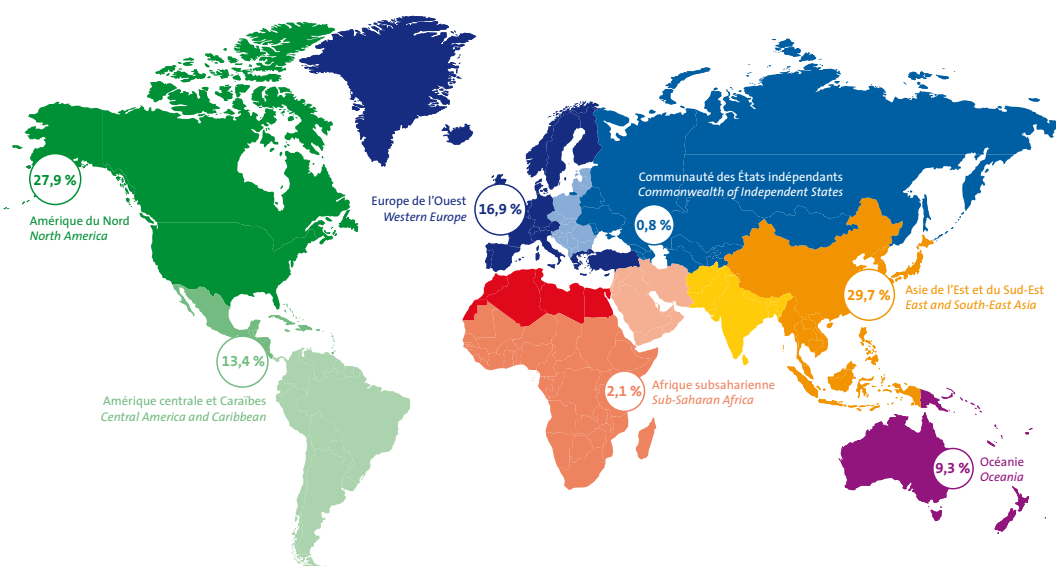
En termes de croissance, l'électricité géothermique est la moins dynamique des filières renouvelables. Elle connaît une croissance annuelle moyenne de 3 % depuis 2002 et de

*pinas, Indonesia, New Zealand and Mexico) account for more than 70 % of global production (70.8 % in 2012). If the following five are added (Italy, Iceland, Japan, El Salvador and Kenya), the figure is 94.5 %.*

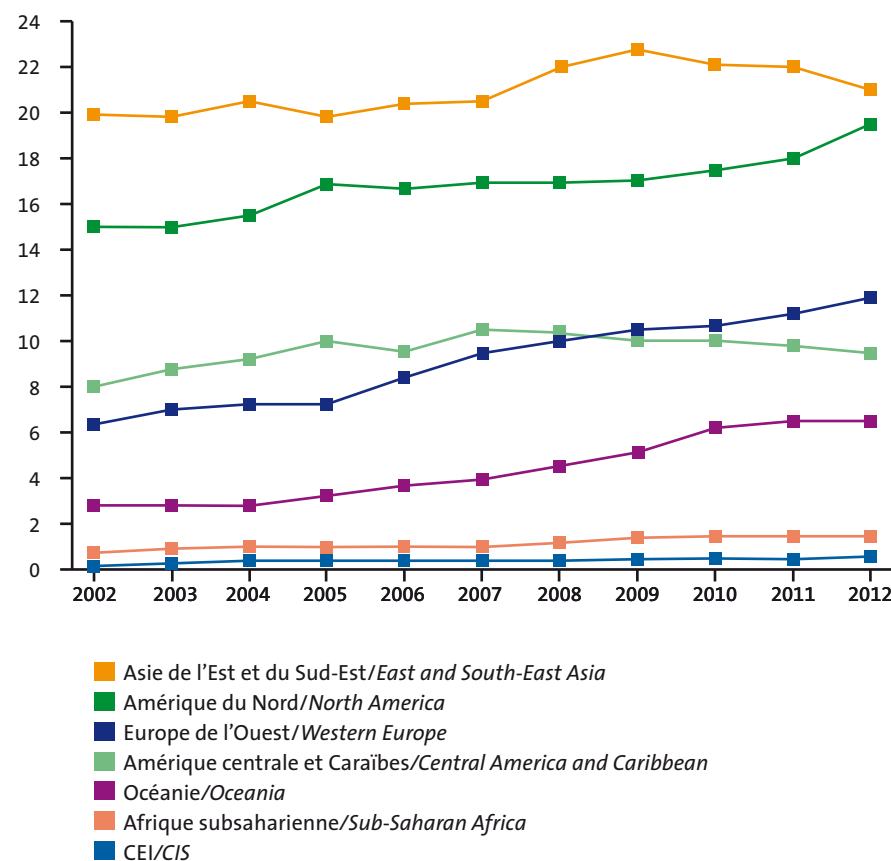
*Geothermal electricity has the most sluggish growth rates of all the renewable sectors. Since 2002 it has been growing at a mean annual rate of 3 % and in 2012 it was only 1.5 %, when the highest growth rates were in North America (9.6 %), Western Europe (5.3 %) and Oceania (1.2 %).*

*The sector is currently undergoing a revival in the United States where there are at least 146 development projects spread over 15 States. At*

### Répartition de la production géothermique par région – 2012 Breakdown of geothermal production by region – 2012



### Évolution de la production géothermique par région (TWh) Geothermal power production growth by region (TWh)



1,5 % seulement en 2012. Cette année, les plus forts taux de croissance se trouvent en Amérique du Nord (+9,6 %), en Europe de l'Ouest (+5,3 %) et en Océanie (+1,2 %).

La géothermie connaît actuellement un regain aux États-Unis où il n'y aurait pas moins de 146 projets en développement répartis dans 15 États. Selon le dernier pointage mondial effectué lors de la Conférence mondiale sur la géothermie, qui s'est tenue à Bali en avril 2010, la puissance électrique géothermique était estimée à 10 715 MW en 2010 (Bertani, WGC 2010). Elle aurait atteint 11 224 MW en mai 2012 d'après le rapport 2012 de la Geothermal Energy Association. Les progrès techniques effectués dans les forages grâce aux nombreux investissements liés à l'exploitation des gaz de schiste pourraient agrandir le potentiel géothermique économiquement exploitable dans les années à venir.

*the latest tally exercise during the Bali World Geothermal Congress in April 2010, installed geothermal electricity capacity was put at 10 715 MW (Bertani, WGC 2010). By May 2012 it had risen to 11 224 MW according to a Geothermal Energy Association report. The technical progress made in drilling techniques through the many investments in shale gas exploration could increase the economically viable geothermal potential in coming years.*

### Principaux pays producteurs d'électricité géothermique – 2012

#### Main geothermal power producing countries – 2012

PAYS COUNTRIES	PRODUCTION (TWh) 2012	PART PROD. MONDIALE SHARE OF WORLD PRODN.
États-Unis/ <i>United States</i>	19,6	27,9 %
Philippines/ <i>Philippines</i>	10,2	14,6 %
Indonésie/ <i>Indonesia</i>	7,9	11,2 %
Nouvelle-Zélande/ <i>New Zealand</i>	6,2	8,8 %
Mexique/ <i>Mexico</i>	5,8	8,3 %
Italie/ <i>Italy</i>	5,6	7,9 %
Islande/ <i>Iceland</i>	5,2	7,4 %
Japon/ <i>Japan</i>	2,5	3,6 %
Salvador/ <i>El Salvador</i>	1,5	2,2 %
Kenya/ <i>Kenya</i>	1,5	2,1 %
<b>Reste du monde/<i>Rest of the world</i></b>	<b>4,2</b>	<b>6,0 %</b>
<b>Monde/<i>World</i></b>	<b>70,4</b>	<b>100,0 %</b>