

ENERGIES RENOUVELABLES DANS LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE ET PERSPECTIVES TECHNOLOGIQUES



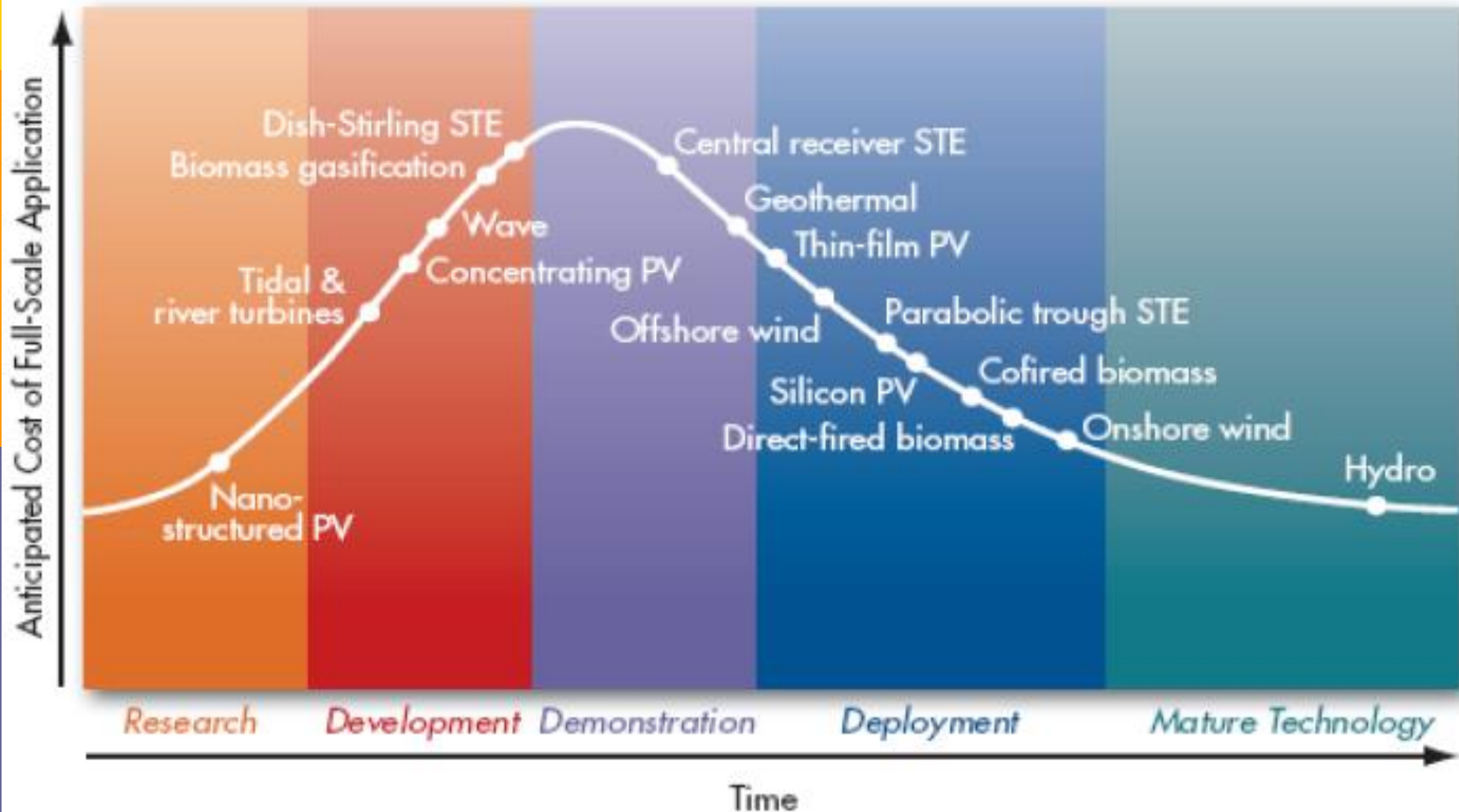
10 octobre 2016

Fondation Tuck

La courbe d'apprentissage des EnR

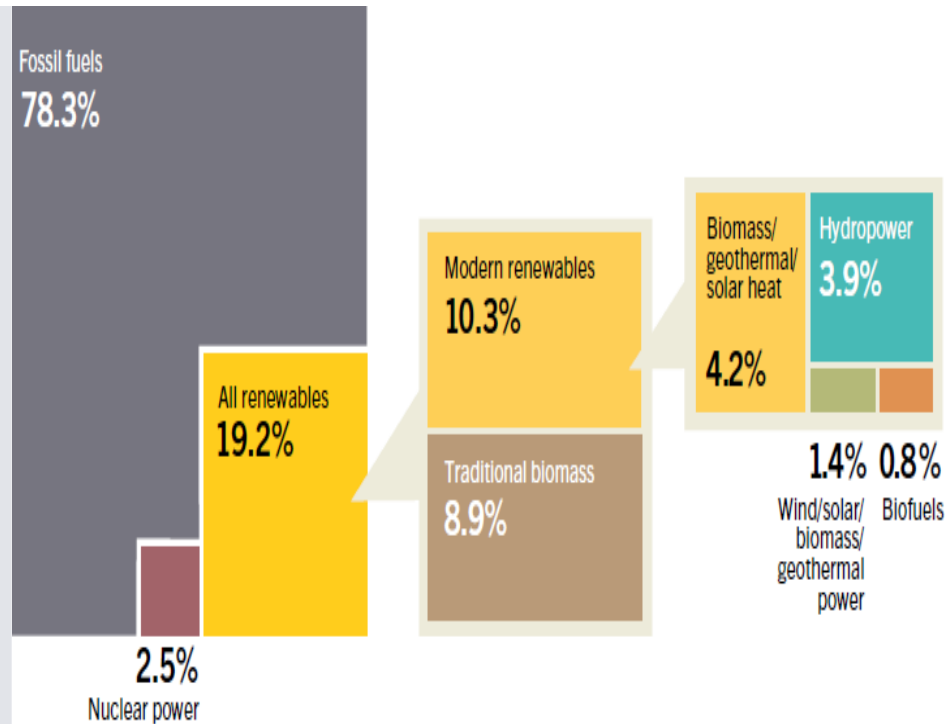
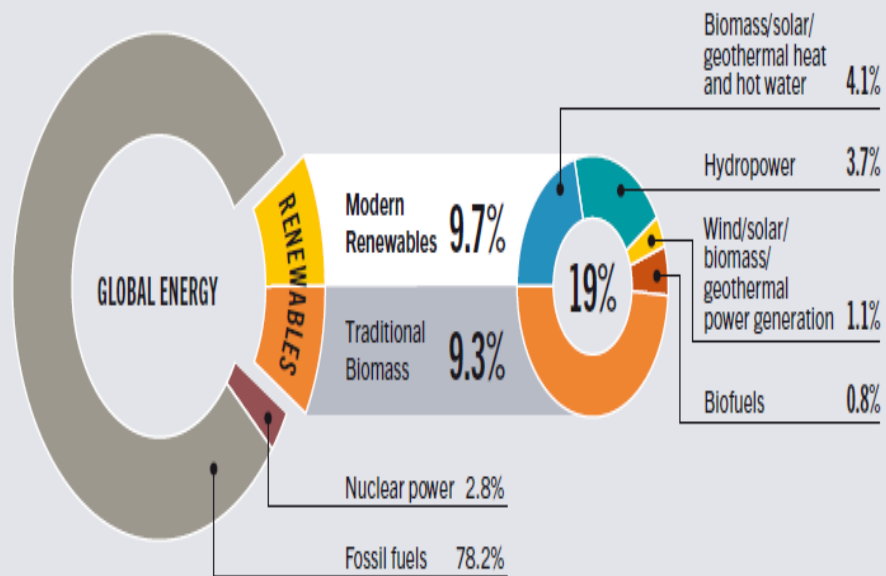
Source: Australian Energy Market Operator, Review of Cost and Efficiency Curves, January 2011

Renewables Technology Development



Bilans énergétiques mondiaux 2011 et 2014 - Source : REN21

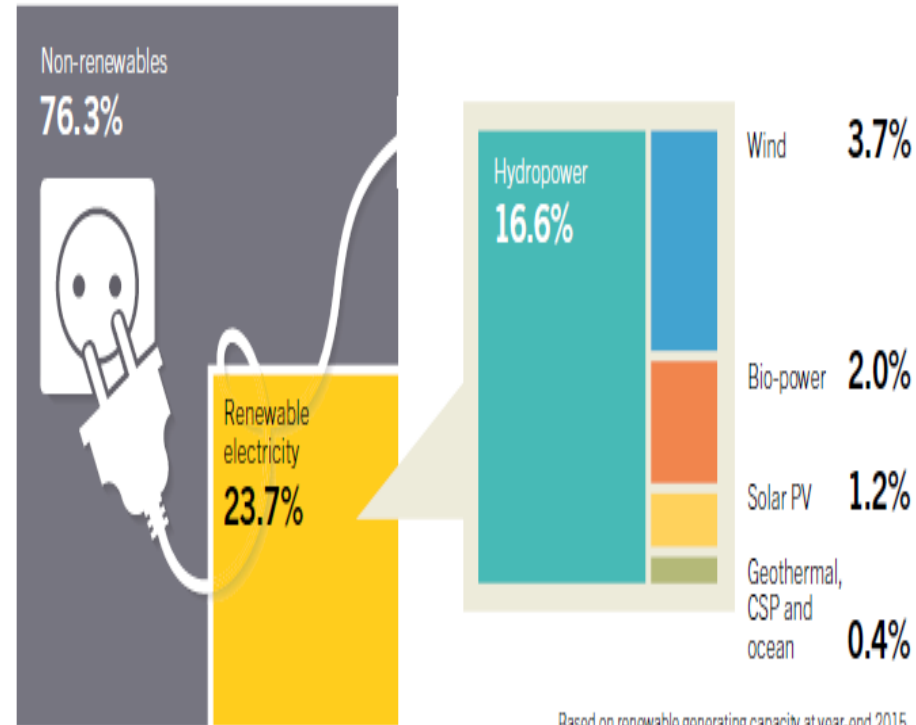
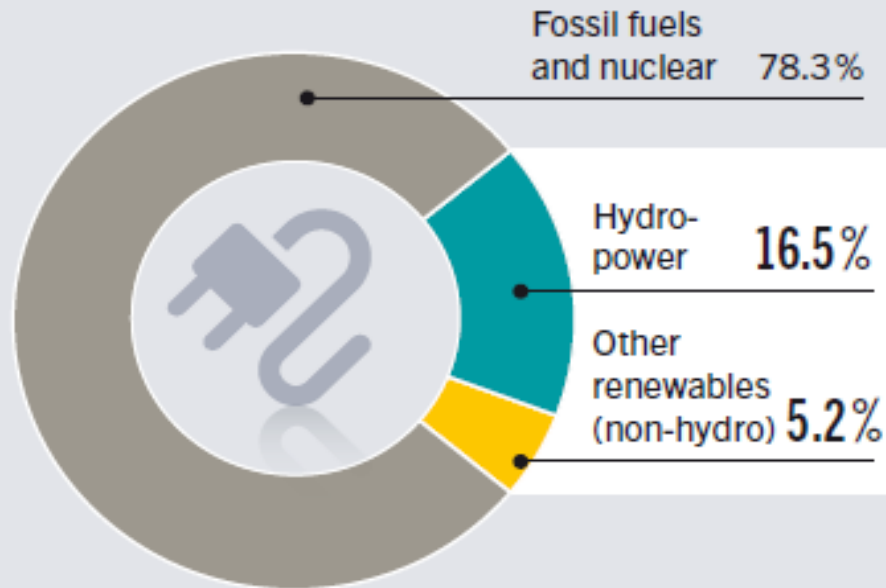
FIGURE 1: ESTIMATED RENEWABLE ENERGY SHARE OF GLOBAL FINAL ENERGY CONSUMPTION, 2011



Bilans électriques mondiaux

2012 et 2015 - Source REN21

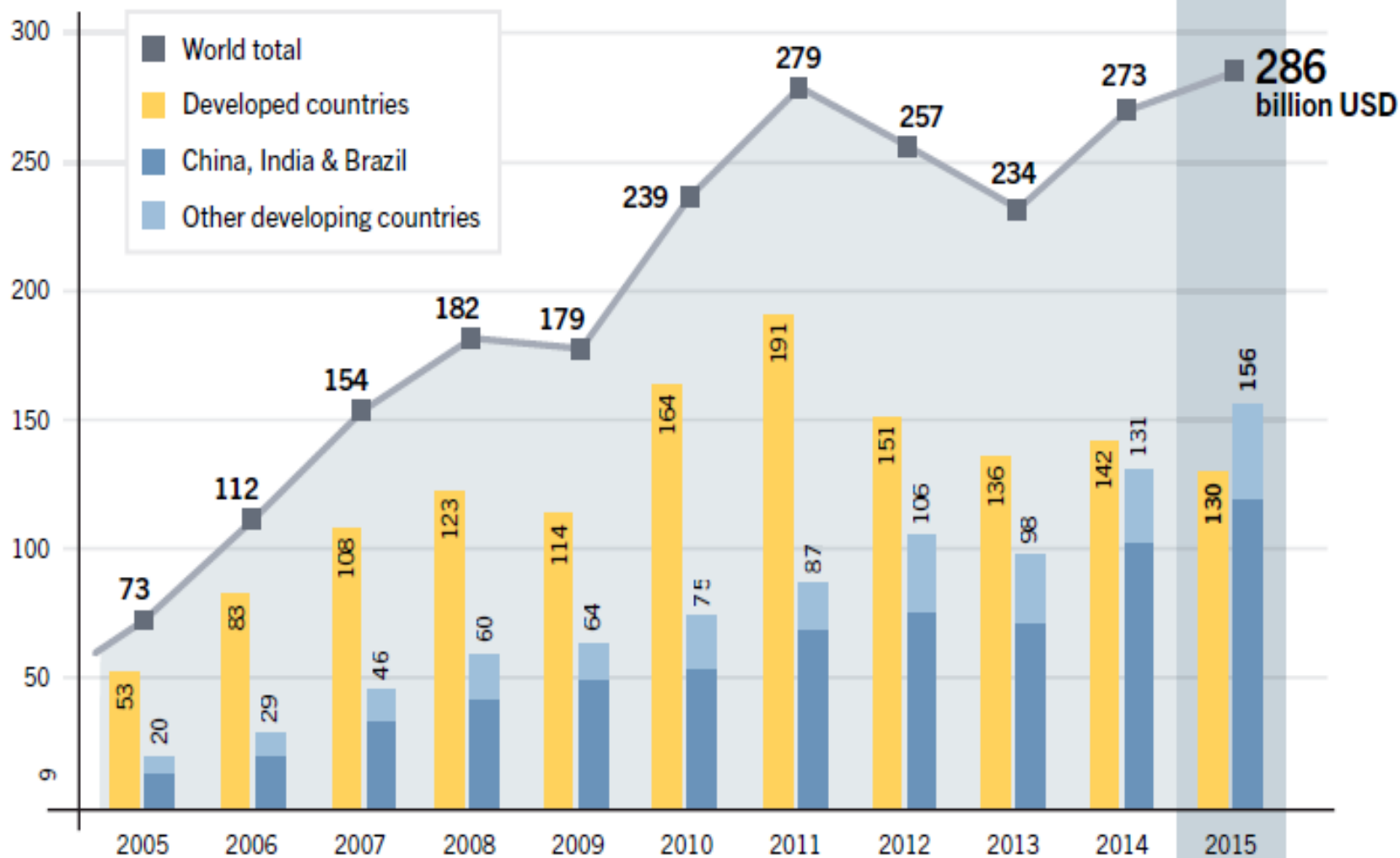
FIGURE 3: ESTIMATED RENEWABLE ENERGY SHARE OF GLOBAL ELECTRICITY PRODUCTION, END-2012



Based on renewable generating capacity at year-end 2015.
Percentages do not add up internally due to rounding.

Un marché mondial en forte croissance

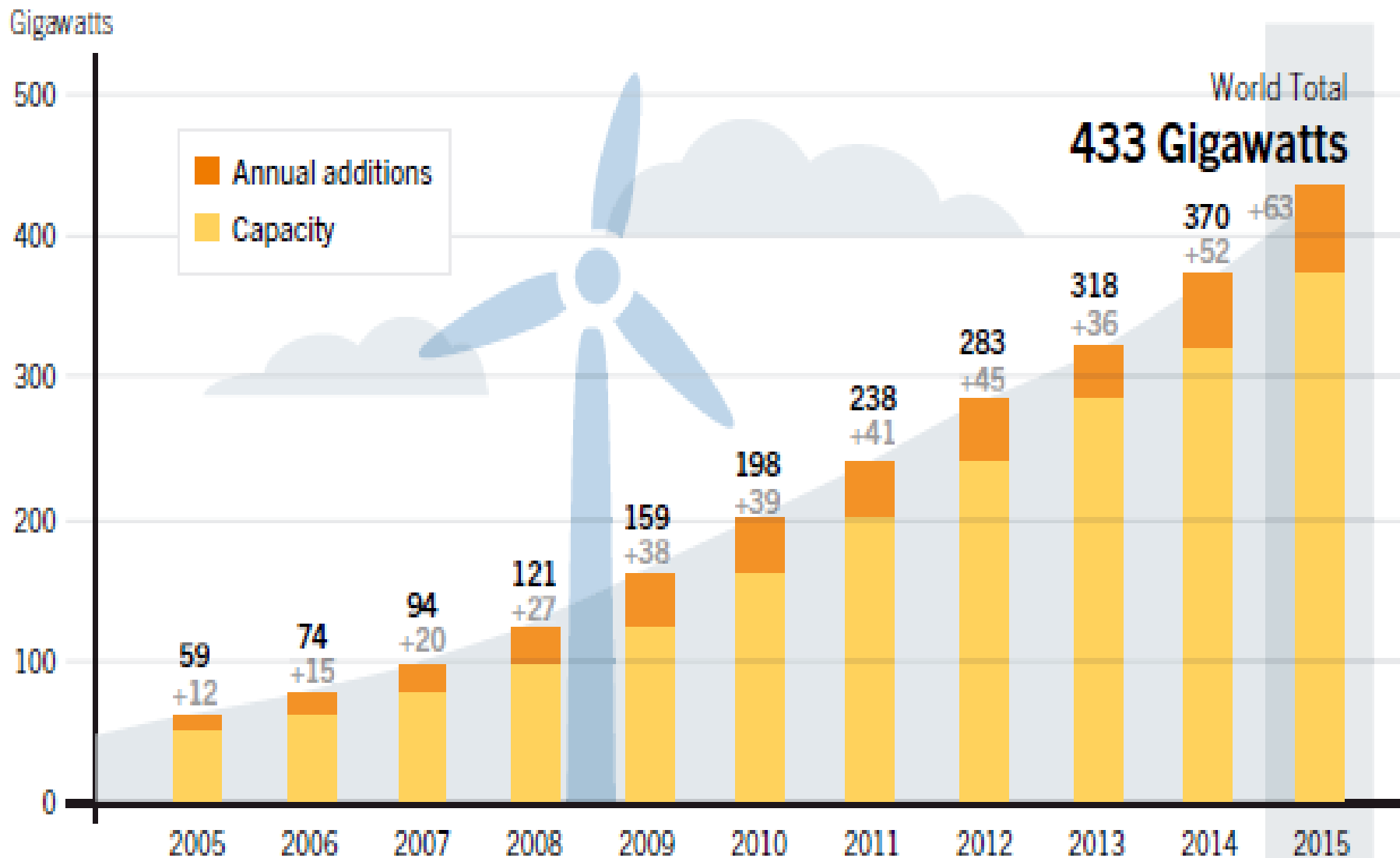
Billion USD



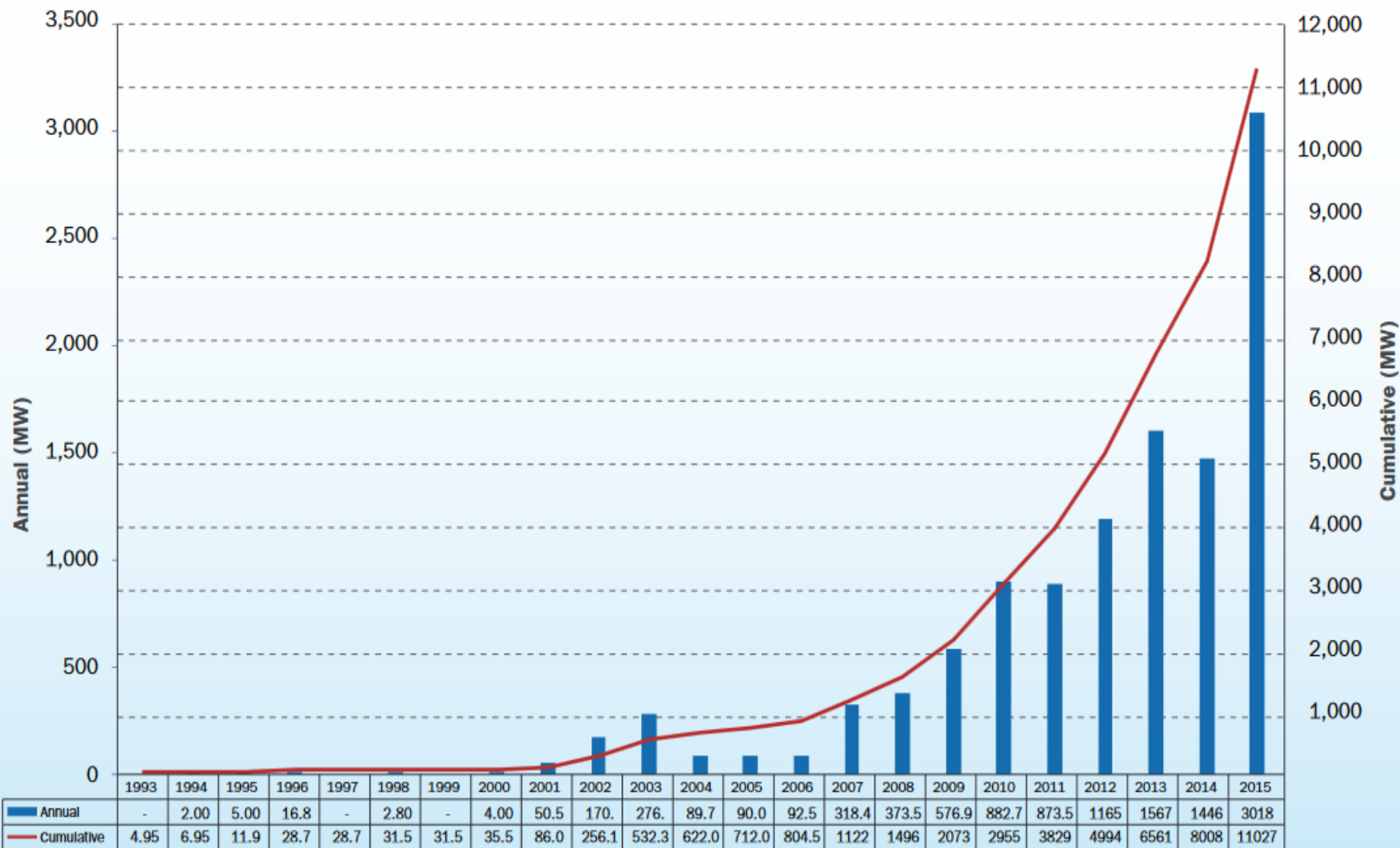
Source:
BNEF,
see footnotes
i and iii for
this section.

Croissance de l'énergie éolienne

source REN21

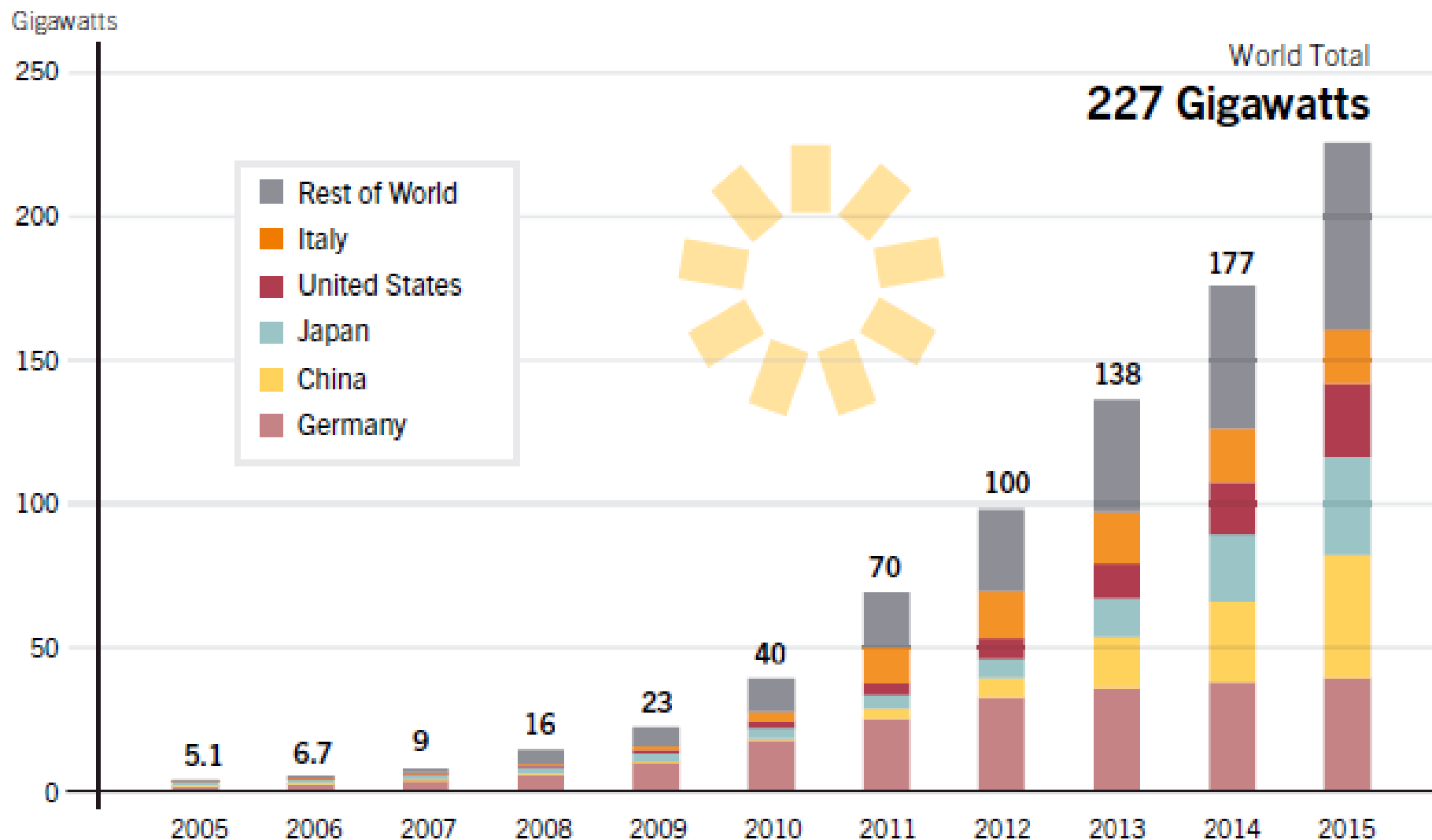


Eolien en mer - source WindEurope

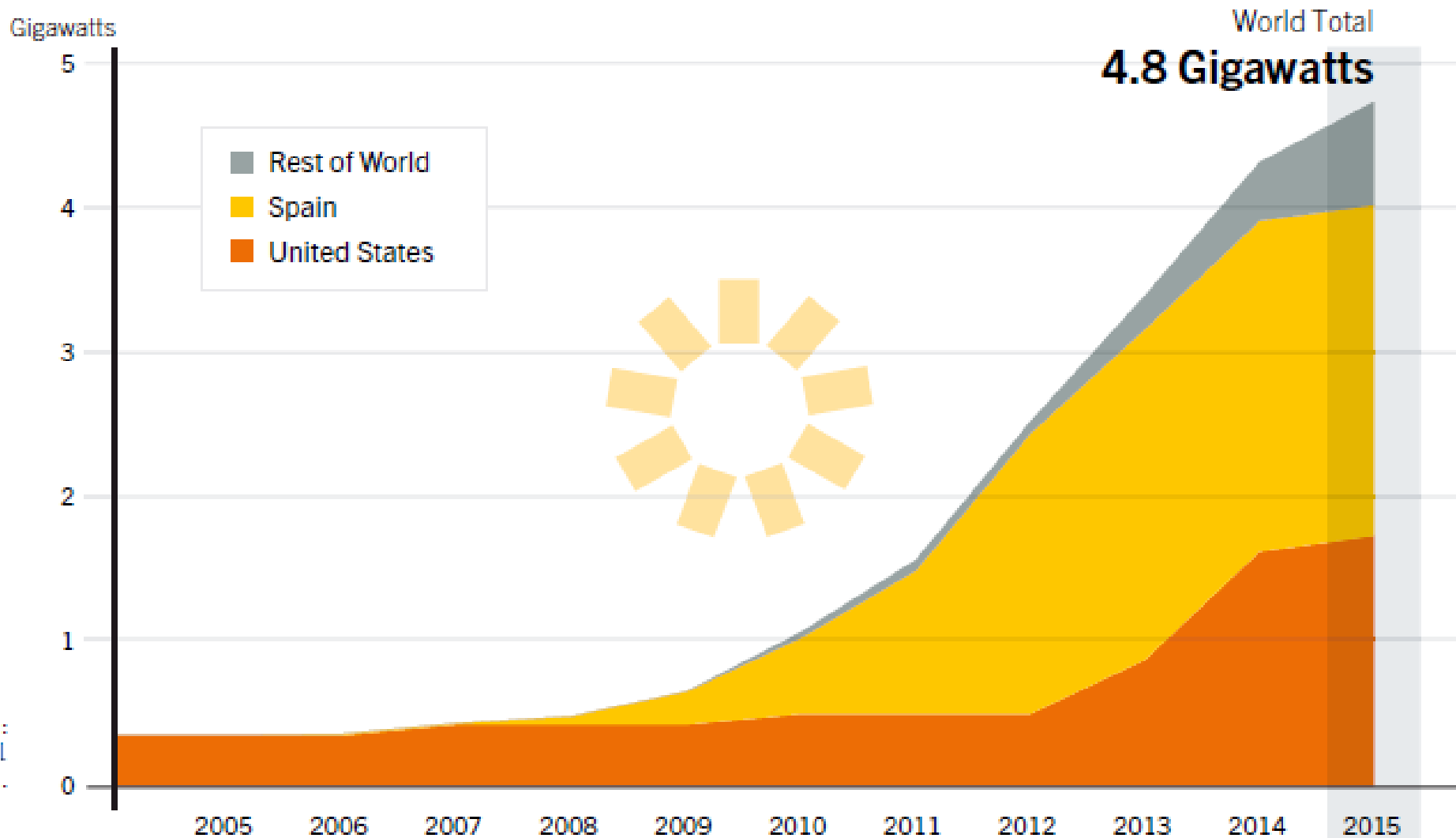


Croissance du parc photovoltaïque

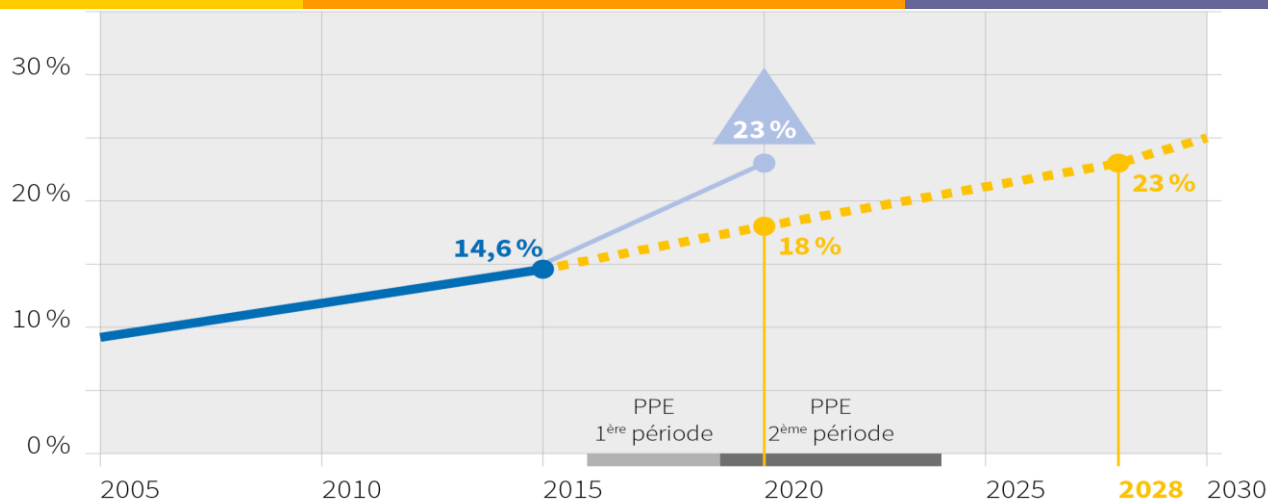
Source REN 21



Croissance du parc solaire thermodynamique - Source REN 21



FRANCE: Développement tendanciel des EnR avant la LTECV

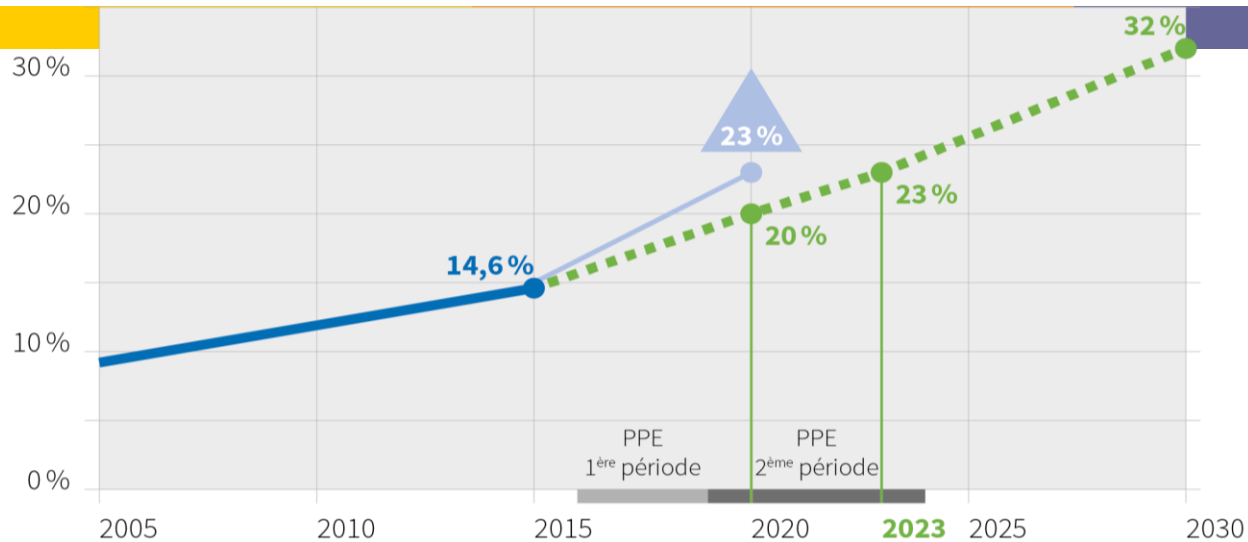


Pourcentage d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie

- Chemin parcouru
- Trajectoire du plan national d'action 2009-2020
- - - Projection tendancielle avant la loi

FRANCE :

Développement des EnR suivant la LTECV

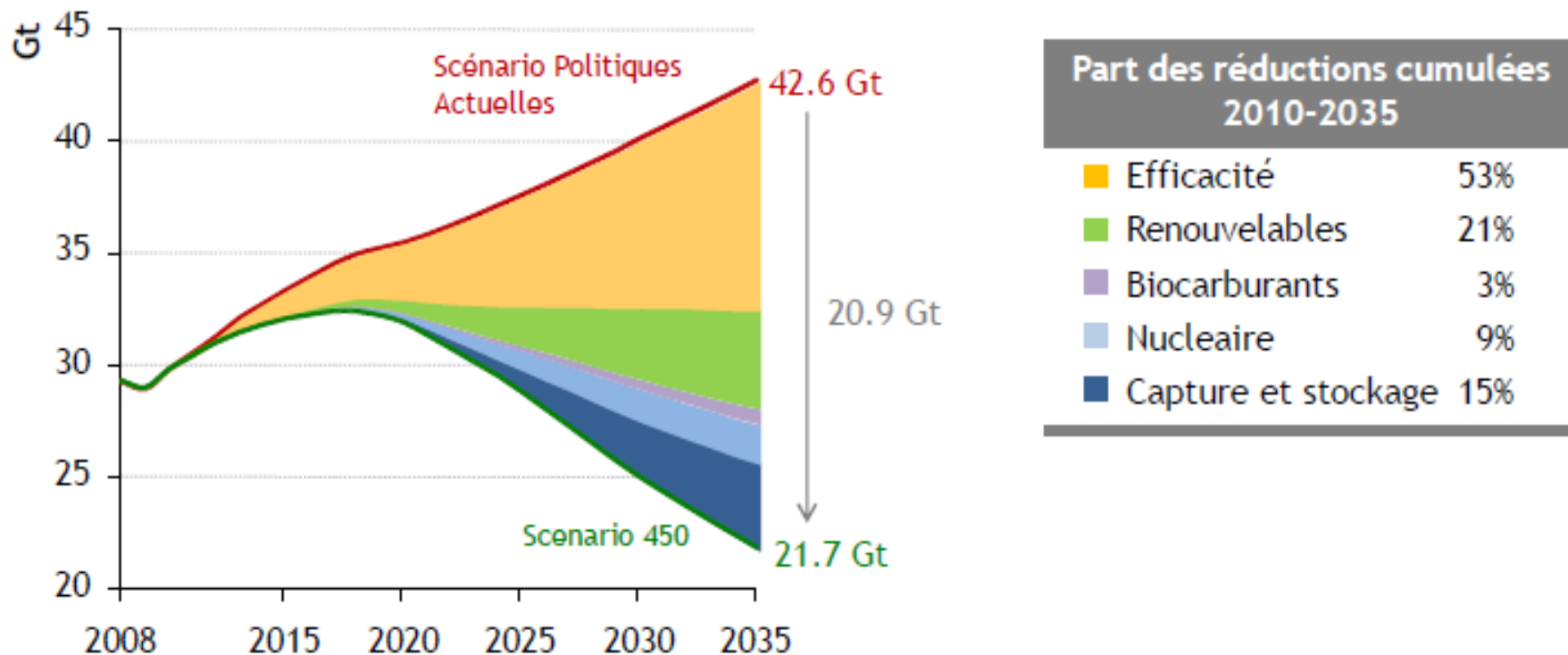


Pourcentage d'énergie renouvelable dans la consommation finale d'énergie

- Chemin parcouru
- Trajectoire du plan national d'action 2009-2020
- - - Projection tendancielle après la loi

La place des EnR dans la prévention du changement climatique selon l'AIE

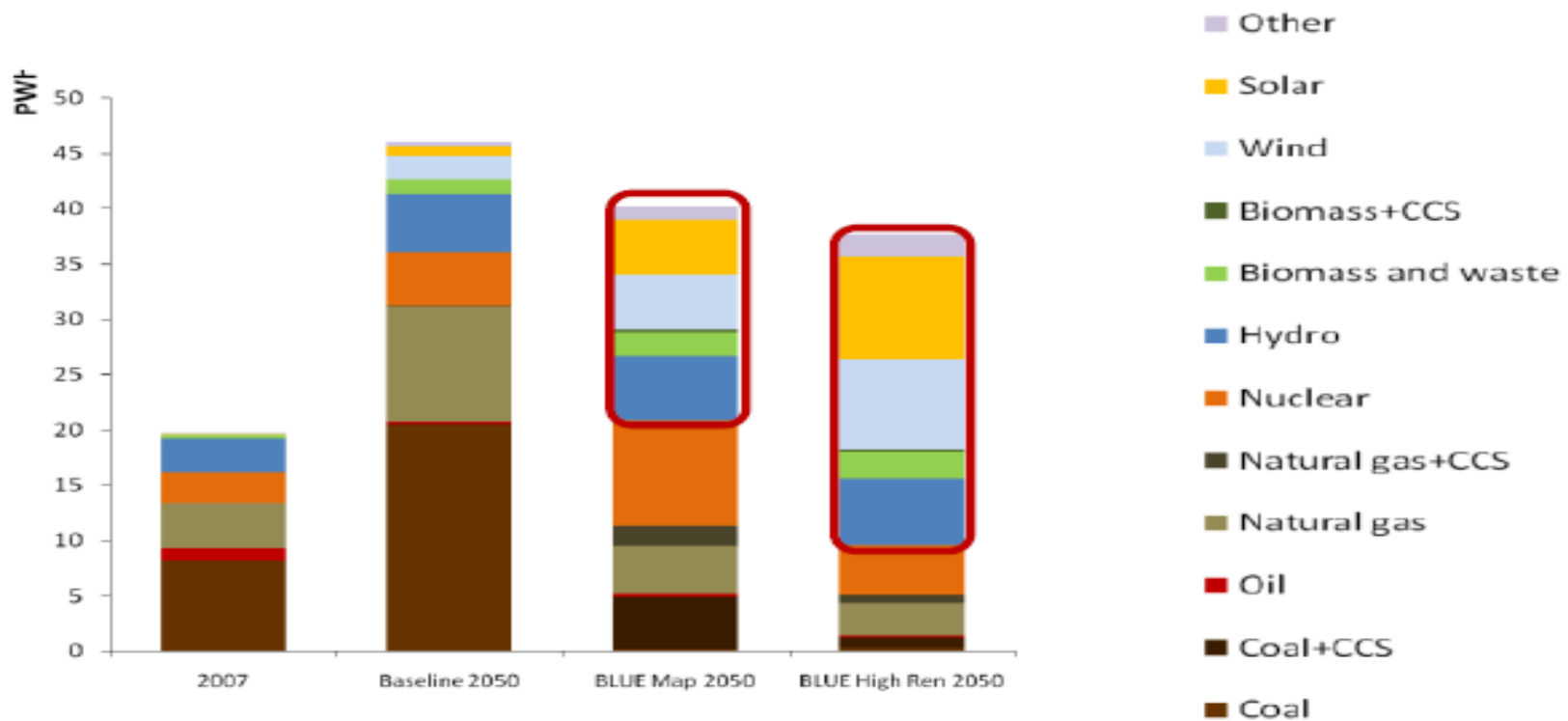
Les émissions mondiales de CO₂ dues à l'énergie dans le scénario 450 par rapport au scénario "Politiques actuelles"



Les renouvelables offrent la deuxième contribution aux réductions d'émissions de CO₂

Part des EnR dans le mix électrique selon les scénarios AIE

The primary role of renewables in the BLUE scenarios



Renewables provide from almost half to three quarters of the global electricity mix in 2050

Plus d'EnR dans l'électricité

A quelles conditions ?

- ❑ Contraintes : coûts, variabilité
- ❑ Possibilités :
 - ❖ Hydraulique : potentiel saturé en Europe, pas dans le reste du monde
 - ❖ + d'interconnexions avec les zones les plus ventées ou ensoleillées
 - ❖ Stockage : STEP, batteries de VE
 - ❖ Management de la demande
 - ❖ Géothermie
 - ❖ Biomasse
 - ❖ Appui flexible des fossiles en dernier recours

TECHNOLOGIES DE STOCKAGE

Petite et moyenne capacité



Batteries



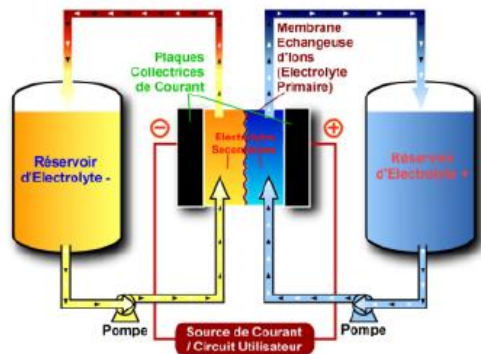
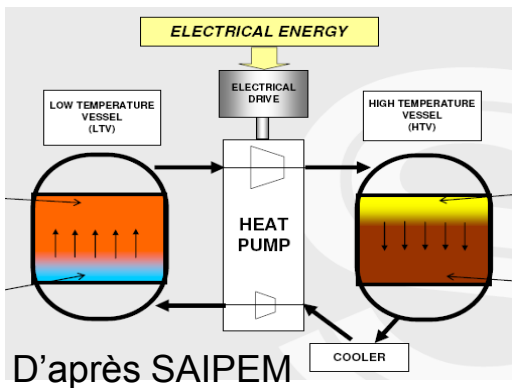
Super condensateurs



Volants d'inertie

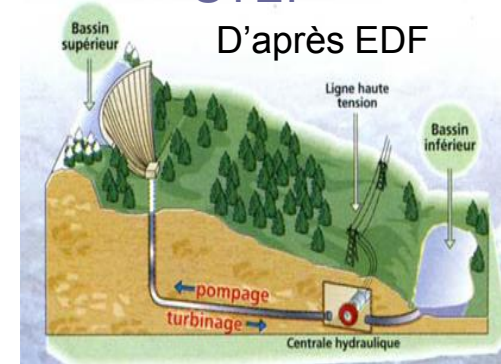
Stockage de masse

Thermique

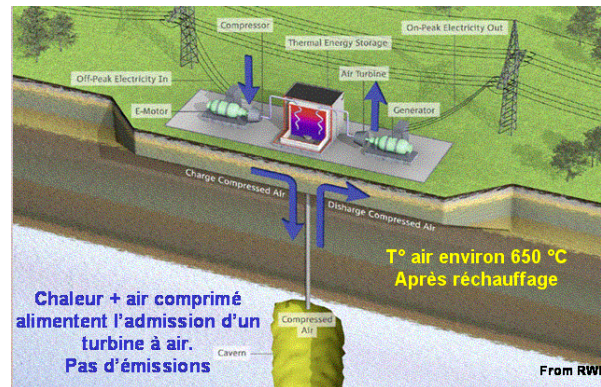


Redox flow

STEP D'après EDF

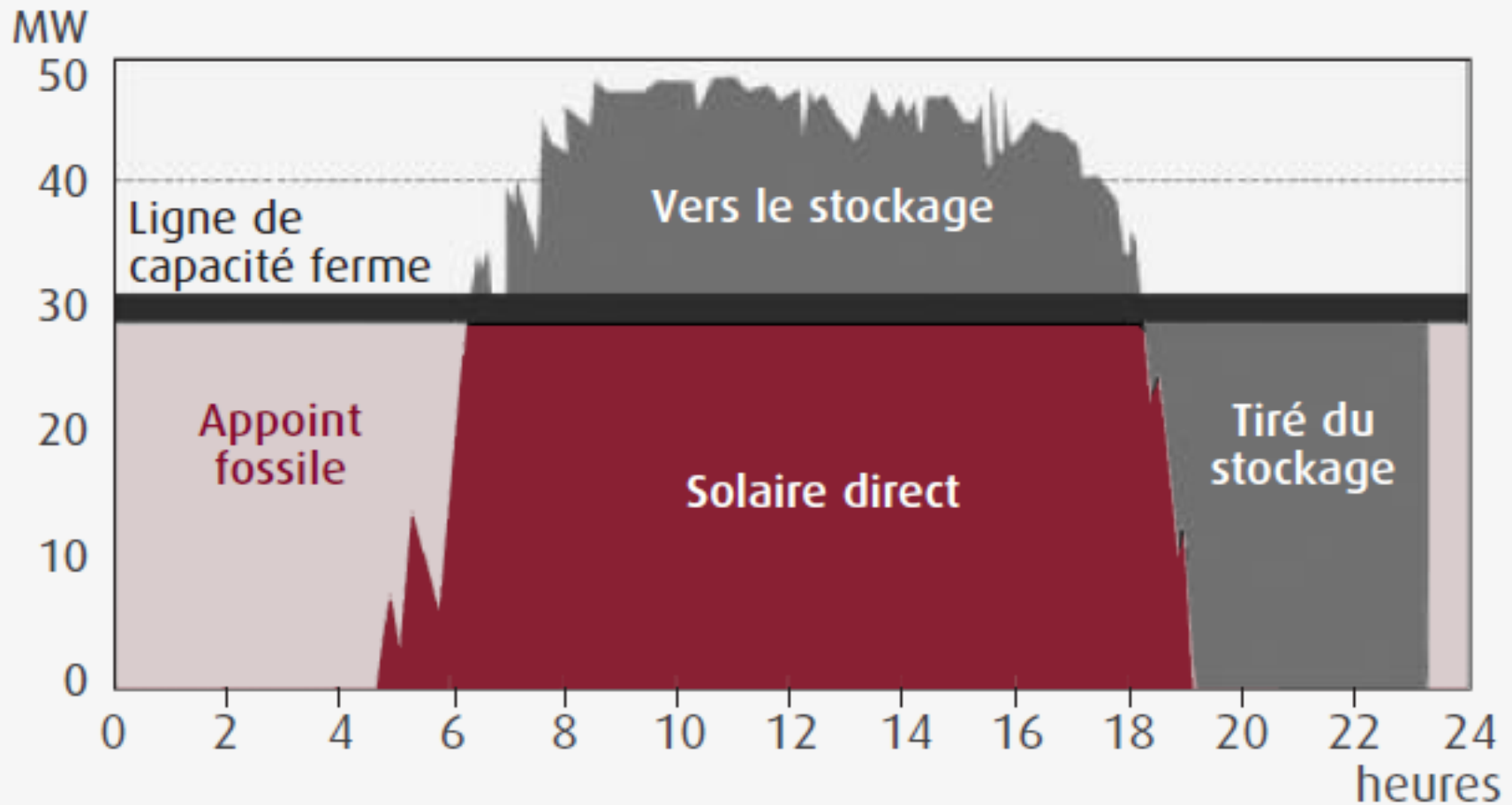


Air comprimé



Hydrogène

Centrales solaires thermodynamiques et stockage



Source : GEYER Michael, 2007, in AIE. *Technology Roadmap: Concentrating Solar Power*. Paris : AIE / OCDE, mai 2010.

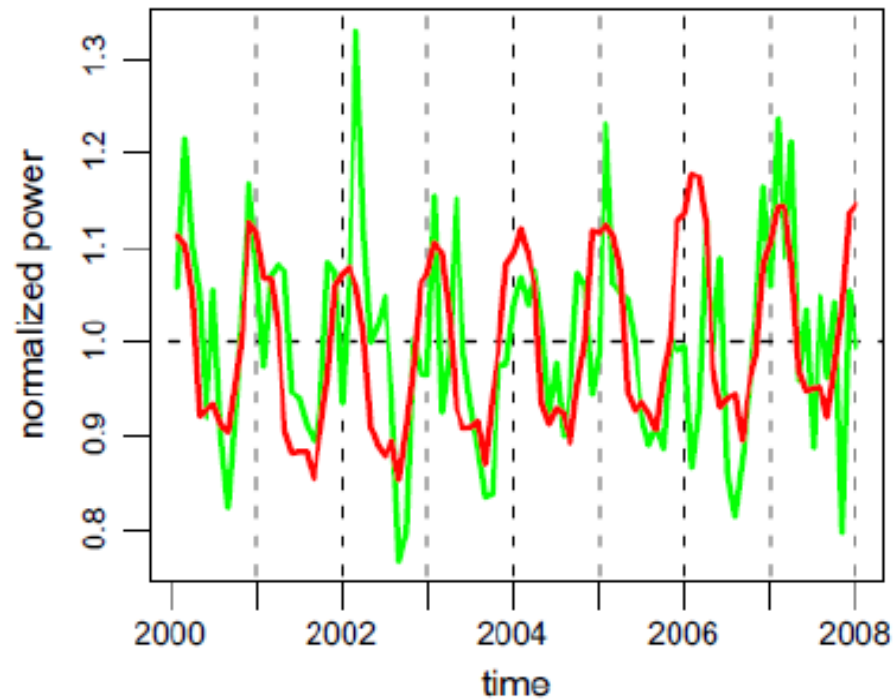
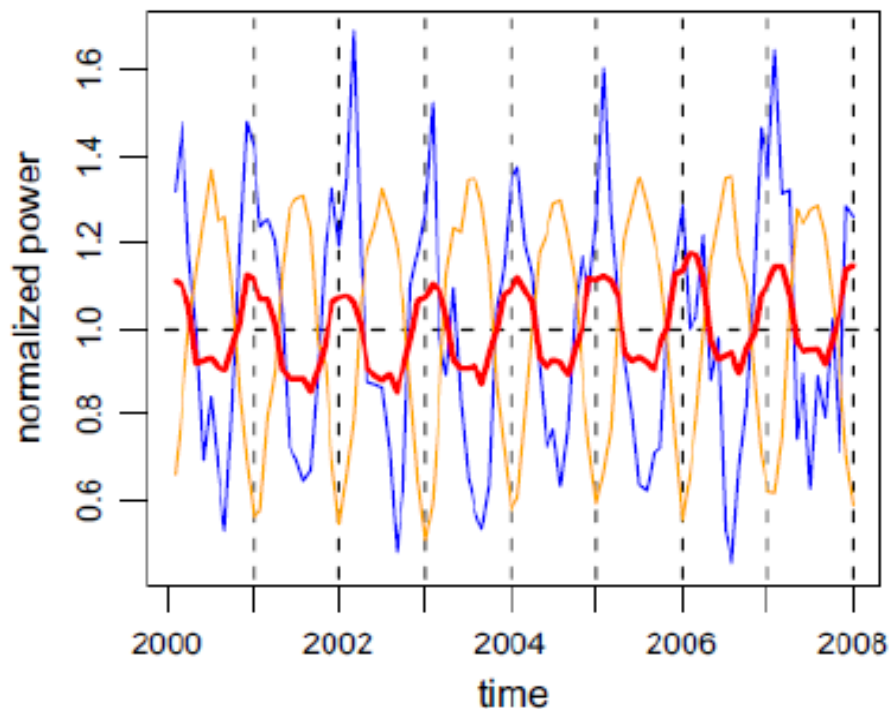
Les réseaux électriques deviennent intelligents

Les futurs réseaux électriques distribués



Interconnexion : le foisonnement des sources variables et de la demande

Un mix de 60% d'éolien et 40% de solaire varie selon les saisons comme la courbe de charge de l'UE-27...

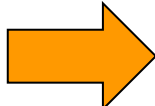


... Mais suppose d'importantes capacités de stockage

Plus d'EnR dans les usages thermiques

- Via l'électricité : pompes à chaleur, usages performants dans l'industrie,...
- Biomasse : chaleur seule ou cogénération
- Géothermie
- Solaire : eau chaude, procédés industriels, valorisation des apports gratuits dans le bâtiment
- Les réseaux de chaleur/froid comme vecteur
- Stockage inter saisonnier souterrain ?

Plus d'EnR dans les transports

- Via l'électricité : véhicules électriques et hybrides rechargeables, transports en commun, ferroutage, camions hybrides électrifiés sur autoroutes...
- Biocarburants (nouvelles générations ?), « dopés » à l'énergie solaire (40 % des intrants autoconsommés)
- Carburants solaires : PV ou CSP  H₂

Conclusions

- La ressource n'est pas un problème
- La compétitivité progresse rapidement et progressera encore
- Le soutien par les politiques publiques reste une nécessité
- Un vrai prix du CO2 est nécessaire
- Le stockage est la clé d'une diffusion large des EnR