

L'économie des énergies renouvelables en France et en Europe

Frédéric Lantz

Professeur

Chaire de modélisation économique
appliquée à l'environnement et aux
énergies

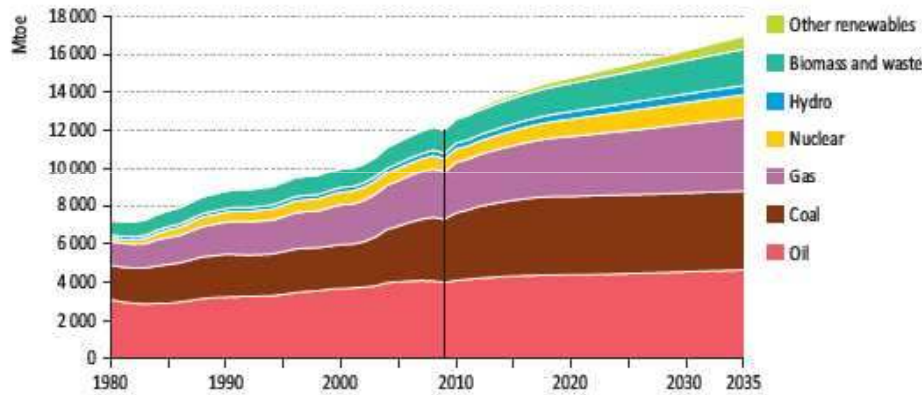


Agenda

- **1. Les énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique**
- **2. La politique européenne**
- **3. La production électrique à partir d'énergies renouvelables (avec focus sur les énergies marines)**
- **4. La production de biocarburants**
- **Conclusion**

Une demande mondiale d'énergie croissante

Figure 1 : Consommation d'Énergies primaires et prévisions suivant le scénario « new policies » AIE



Source : World Energy Outlook, AIE, 2011

- **Le développement des énergies renouvelables (EnR) s'inscrit dans une demande croissante d'énergie primaire**
- **Les EnR contribuent à la diversification des approvisionnements et à la réduction de la part des énergies fossiles**
- **Elles permettent de réduire les émissions de gaz à effet de serre**



Les énergies renouvelables en Europe

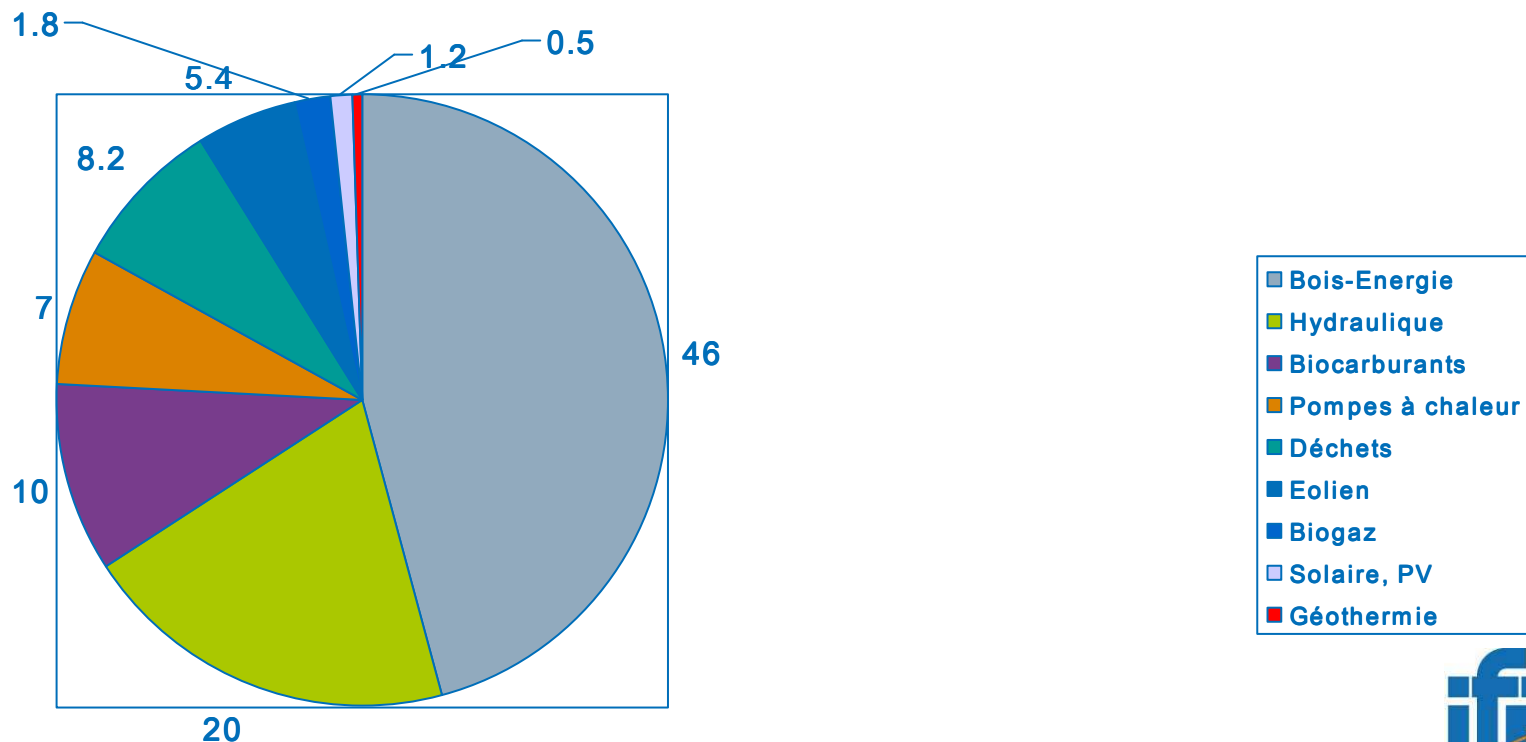
- Les énergies renouvelables représentent 19,8% de la production d'électricité de l'Union Européenne en 2010
- La production de bioéthanol est 2,3 Mtep en 2009 (consommation totale d'essence de 100,6 Mtep)
- La production de biodiesel est de 9,6 Mtep en 2009 (consommation totale de diesel de 198 Mtep)

NB : En 2010, seuls 7 pays sur 27 répondent aux objectifs d'incorporation de biocarburant (Suède, Autriche, France, Allemagne, Pologne, Portugal, Slovaquie)

Les énergies renouvelables en France

- Les énergies renouvelables contribuent à 8% de la consommation d'énergie primaire en France en 2011 (266 Mtep)
- Le bois énergie et la production d'électricité d'origine hydraulique représentent les deux tiers de la production d'énergie d'origine renouvelable en France

Fig. Répartition des filières de production d'énergie renouvelable





Agenda

- 1. Les énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique
- **2. La politique européenne**
- 3. La production électrique à partir d'énergies renouvelables (avec focus sur les énergies marines)
- 4. La production de biocarburants
- Conclusion

Le rôle fondateur de l'énergie dans la construction européenne

- 1951 : CECA, Communauté européenne du charbon et de l'acier
- 1957 : Traité de Rome, traité Euratom coopération européenne pour promouvoir l'utilisation pacifique de l'atome
- 1992 : Traité de Maastricht, libéralisation des marchés du gaz et de l'électricité
- 2005 : système communautaire d'échange de quotas d'émission (European Union Emission Trading Scheme EU – ETS)
- 2007 : Promotion d'une politique intégrée en matière de climat et d'énergie

Objectifs de la politique énergétique européenne

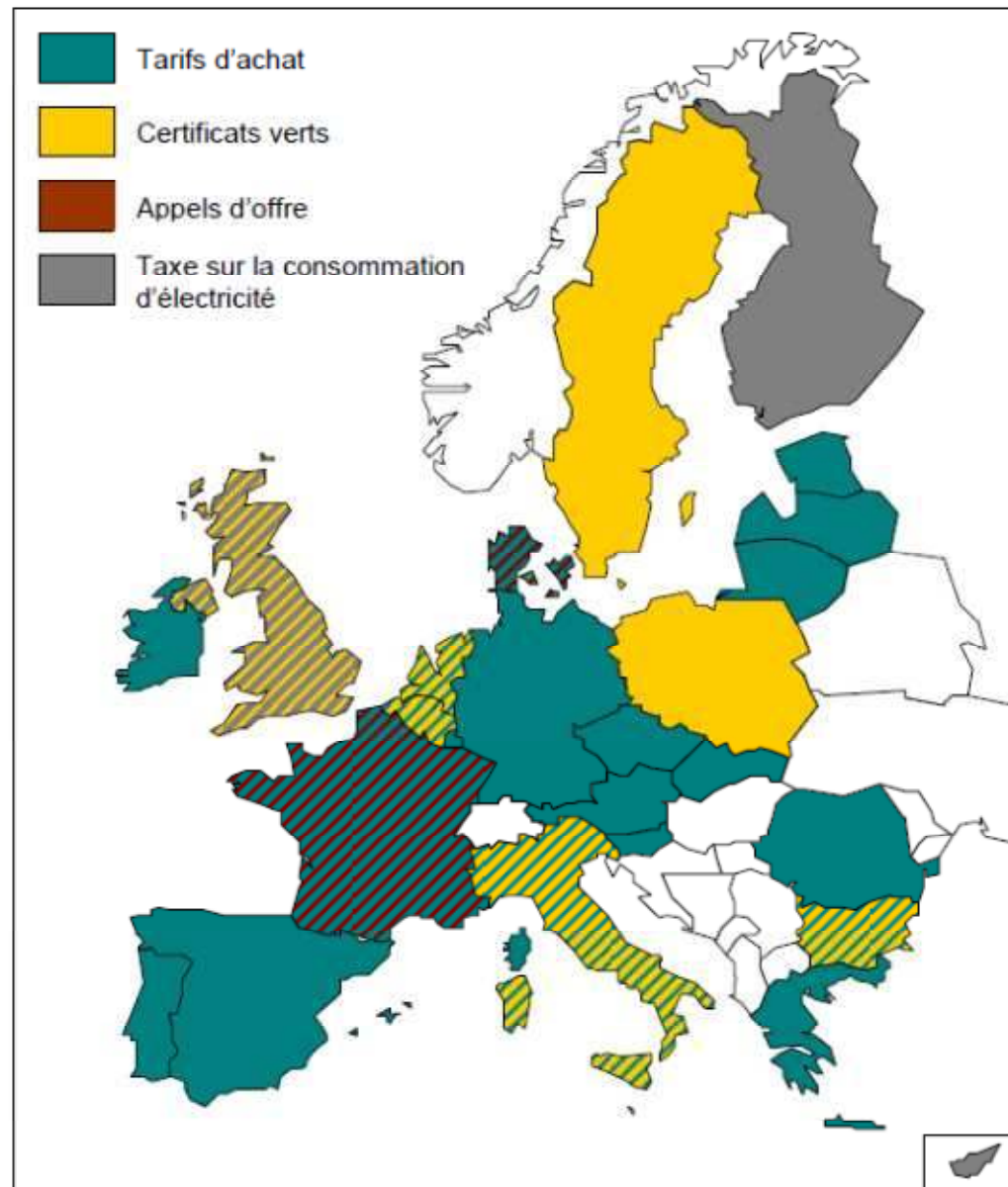


- Accroître la sécurité de l'approvisionnement
- Assurer la compétitivité des économies européennes et la disponibilité d'une énergie abordable
- Promouvoir la viabilité environnementale et lutter contre le changement climatique

L'initiative 3x20 incarne la volonté politique de la lutte européenne contre le changement climatique :

- réduire de 20% les émissions de GES par rapport à 1990,
- accroître de 20% la part des EnR dans la consommation énergétique totale,
- accroître l'efficacité énergétique afin d'économiser 20% de la consommation énergétique.

Panorama des différents types d'aide aux EnR dans les Etats membres

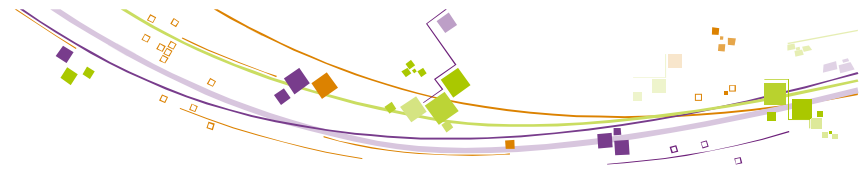


- **Tarifs d'achat :** prix fixé à l'avance par l'Etat, obligation d'achat
- **Certificats verts :** instrument de marché, soutient la production par des objectifs quantitatifs, prix déterminé par la loi de l'offre et de la demande
- **Appels d'offre :** contrat avec le producteur sélectionné
- **Incitations fiscales :** taxes sur la consommation d'électricité d'origine fossile, réduction d'impôts (aides d'appoint)



Le système français de soutien par les prix

- **Tarifs d'achat garantis** : sécurisation des investissements à long terme (périodes allant jusqu'à 20 ans)
 - Calculés en fonction des coûts d'investissement et d'exploitation des différentes filières pour favoriser les technologies peu compétitives
- Financés grâce à une taxe aux consommateurs : la CSPE
 - 4 % de la CSPE payée par le consommateur permet de rembourser aux distributeurs le surcoût engendré. La CRE est responsable de la mise en œuvre des tarifs et de leur financement
- Les charges dues à l'achat d'électricité d'origine EnR ont fortement diminué depuis 2004. La hausse des prix de l'électricité explique ce phénomène (réduction de l'écart avec les tarifs d'achat)

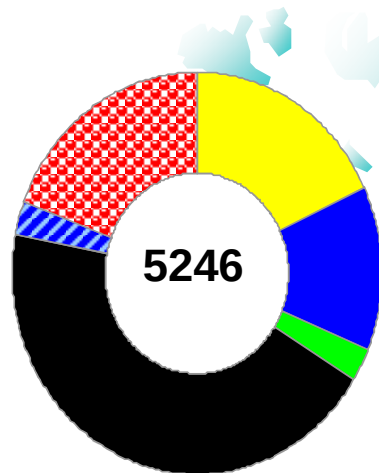


Agenda

- 1. Les énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique
- 2. La politique européenne
- 3. La production électrique à partir d'énergies renouvelables (avec focus sur les énergies marines)
- 4. La production de biocarburants
- Conclusion

Production mondiale d'électricité 2007

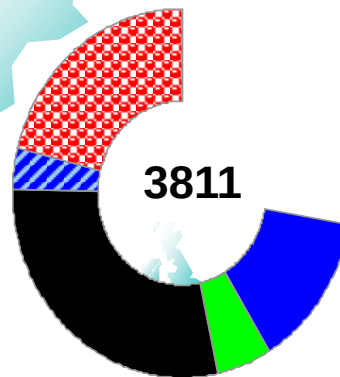
Total mondial = 19 844 TWh



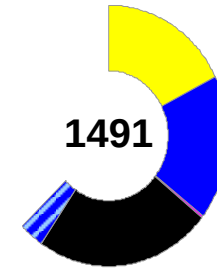
Amérique du Nord

Production mondiale par source (TWh)

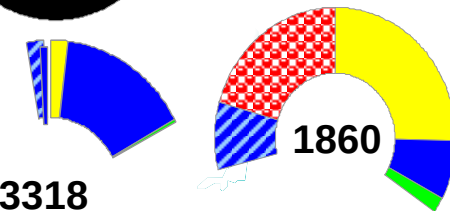
Coal	8216
Natural gas	4126
Nuclear	2719
Hydraulic	3162
Oil	1117
Renewables	504
Biomass & waste	259
Wind	177
Geothermal	62
Solar	5
Tide & Wave	1



Europe OECD



CIS



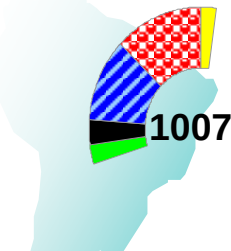
Asie OECD



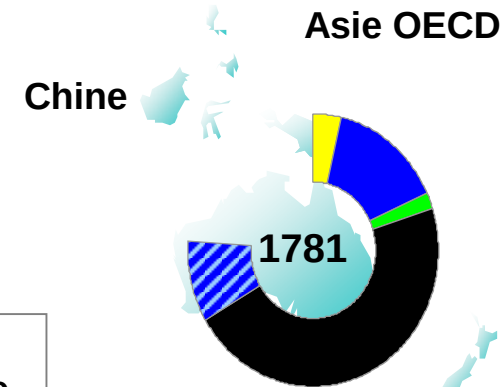
Moyen Orient



Afrique

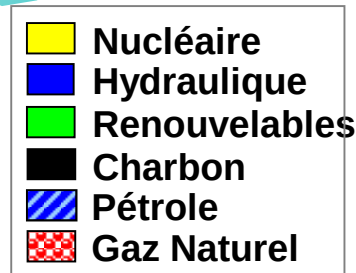


Amérique Latine



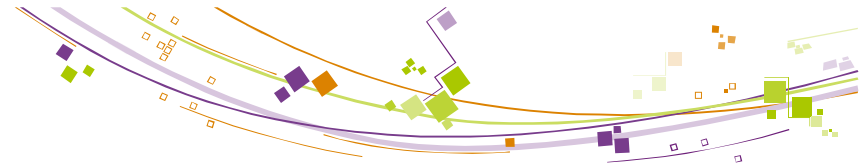
Chine

Asie non OECD



Source : IEA

Production hydraulique



- **La production hydraulique dans l'offre énergétique:**

- 16% de la production d'électricité
- >90% de toute la production d'énergie renouvelable

- 40 000 barrages dans le monde

- Chine, USA, Canada, Brésil, Europe...

- Puissance moyenne de 300 MW

- Le barrage des trois gorges en Chine sera de 18 GW -(soit 10% de la production chinoise)

- Cette production fonctionne normalement en base

- Le pompage (STEP) permet de répondre à la pointe

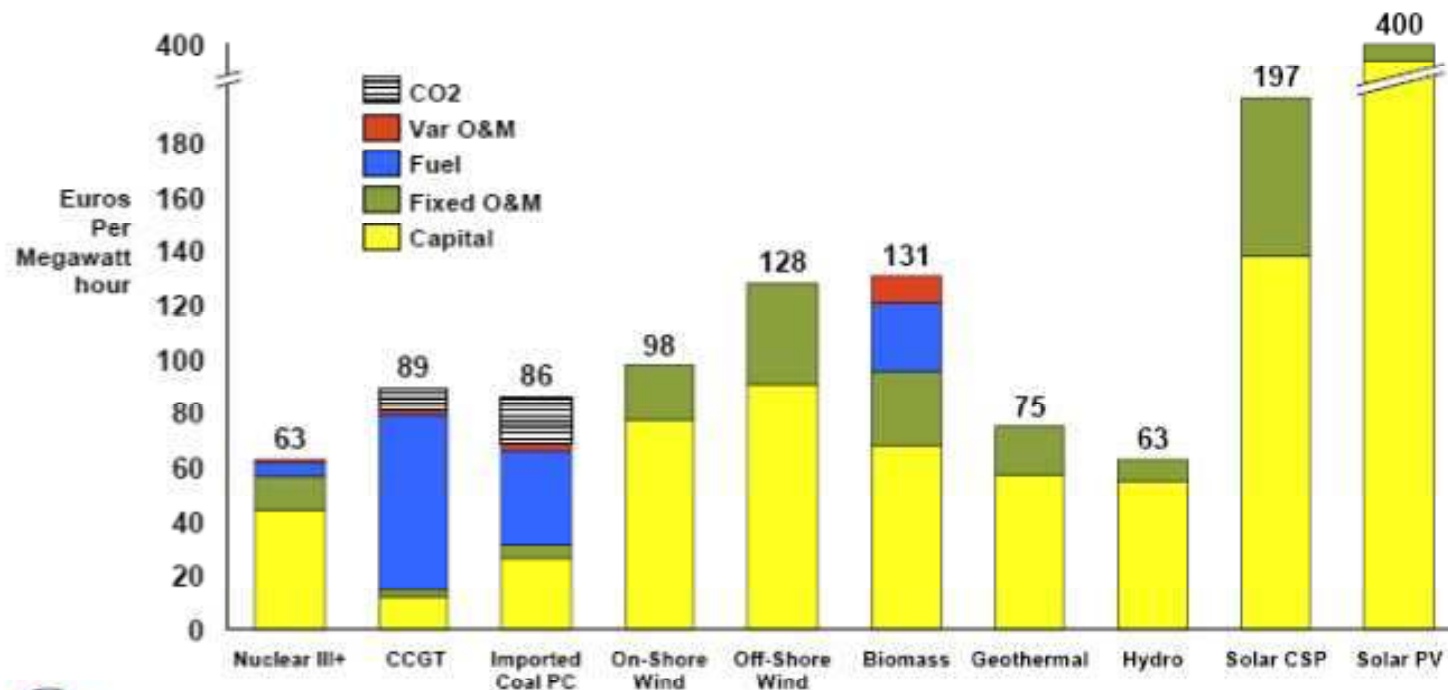
- Elle répond aussi aux besoins d'irrigation



**Hoover Dam
Nevada, USA**

Coûts de production de l'électricité : exemple de structure de coûts estimés par le CERA

Higher Fossil Fuel Prices have Improved Renewables Competitiveness CERA 2009 Generating Costs



Source: Cambridge Energy Research Associates.
 Note: Nuclear III+ = Generation III plus; CCGT: Combined Cycle Gas Turbine; PC: Pulverized Coal; CSP: Concentrated Solar Power; PV: Photovoltaic.
 Fuel prices used: gas Eurocents 3.2 per kilowatt-hour; coal: \$135 per tonne; CO₂: \$22 per tonne.
 Overnight capital costs per kilowatt used: €3,050 for nuclear; €745 for CCGT; €1,665 for PC; €1,400 for onshore wind; €2,300 for offshore wind.
 © 2009, Cambridge Energy Research Associates, Inc. No portion of this presentation may be reproduced, reused, or otherwise distributed in any form without prior written consent.

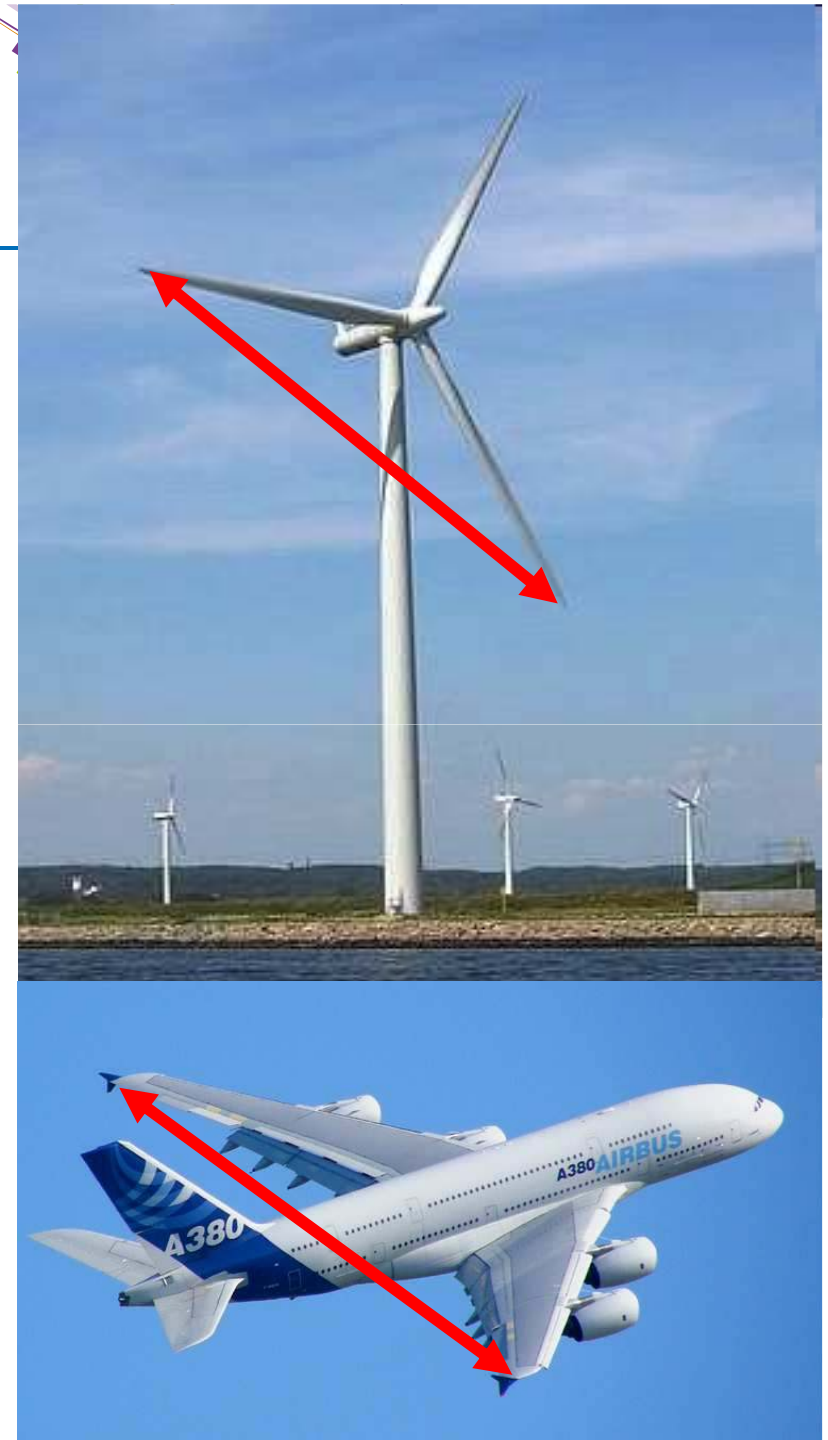
Une éolienne peut désormais avoir une capacité de production de 2,7 MW

***Facteur de charge** : électricité produite divisée par la capacité de l'unité pendant une période donnée.*

Facteur de charge d'une éolienne : 18 to 35 %

Situation typique d'utilisation :

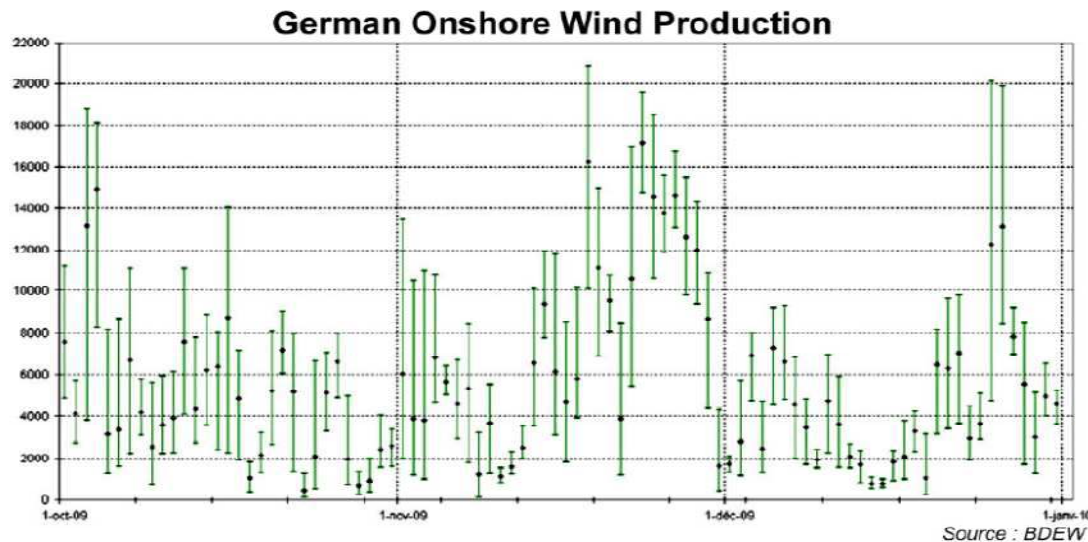
- arrêtée 30% du temps (manque de vent)
- 60% sous sa capacité
- 10% autour de sa capacité



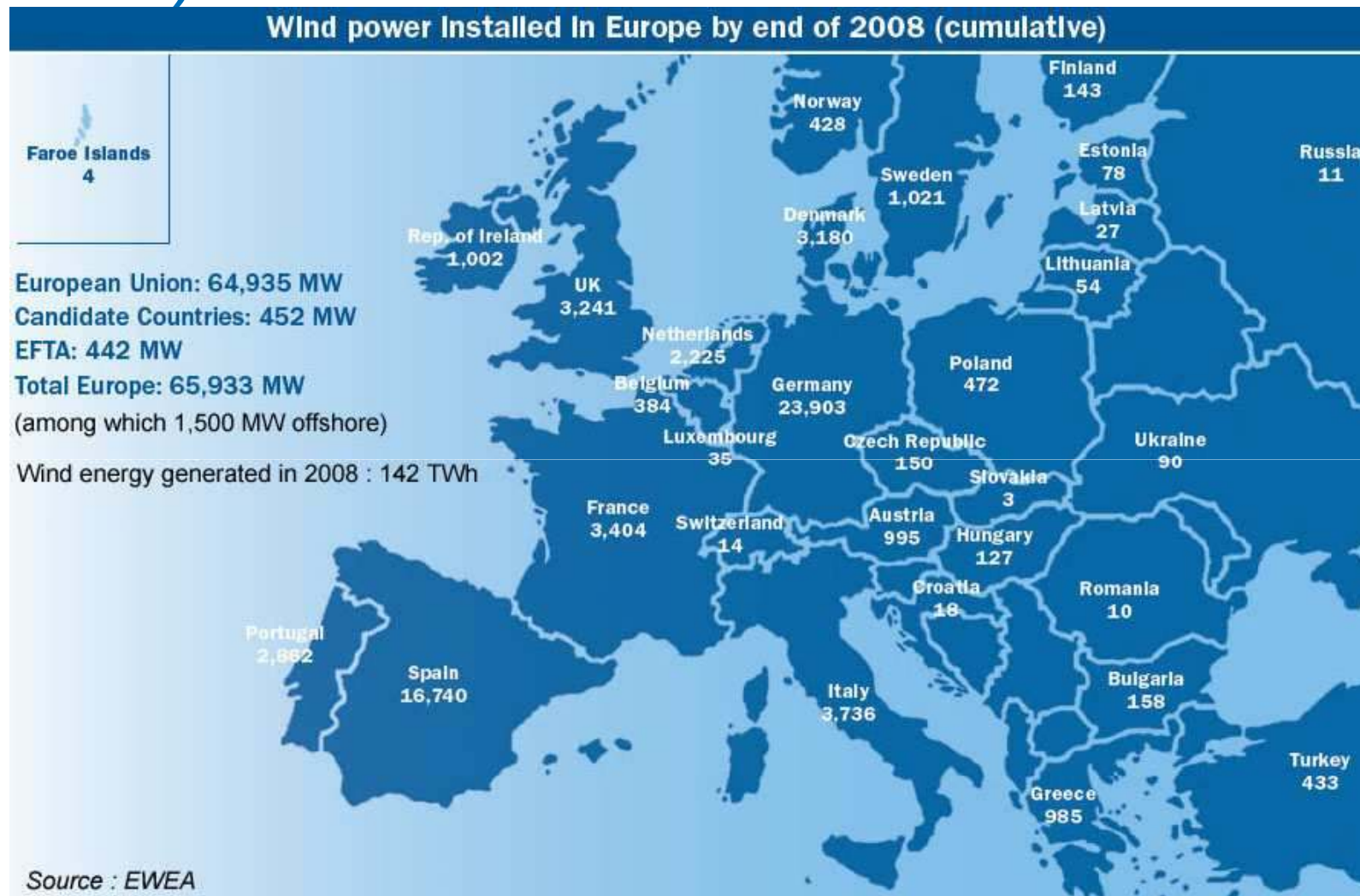
Variabilité de la production des éoliennes

L'intermittence de la production des éoliennes entraîne :

- des besoins de capacité de production pour compenser un manque de génération à partir des éoliennes (STEP, Centrales cycle combiné gaz)
- un accroissement de la volatilité des marchés de l'électricité



Capacités de production des éoliennes (fin 2008)



- USA 25 GW (Texas 7, Iowa 3, California 3, Minnesota 2)
- Chine 12 GW
- Inde 10 GW

Xoxoxo

TOTAL MONDIAL : 120 GW

Production d'électricité marine renouvelable

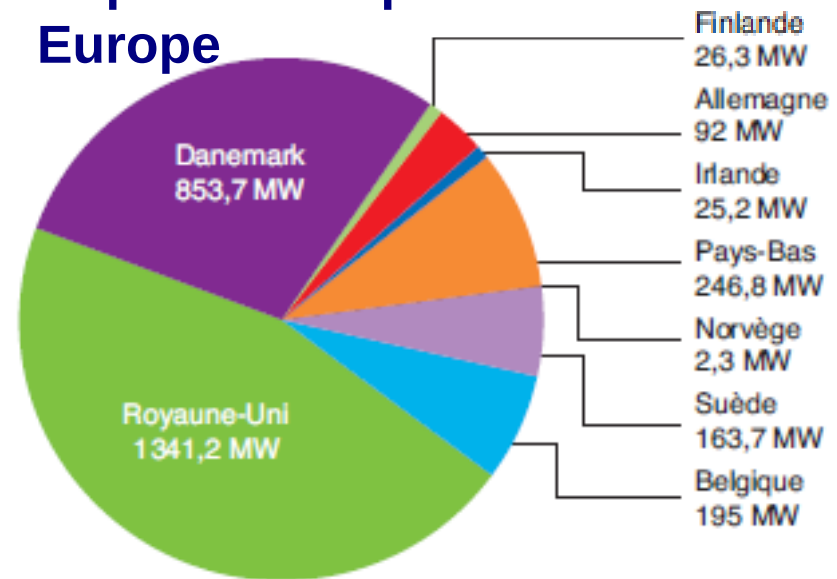


La Rance, France 240 MW

Hauteur de barrage : 8 m

- Usine marée-motrice
 - **Rance : 240 MW**
 - **Production annuelle de 500 Gwh (depuis 1977)**
- En Europe, le parc éolien offshore est voisin de 3300 MW dont les deux tiers se situent au Royaume-Uni, au Danemark et aux Pays-Bas
- Les projets de parcs éoliens offshore français portent sur 3000 MW

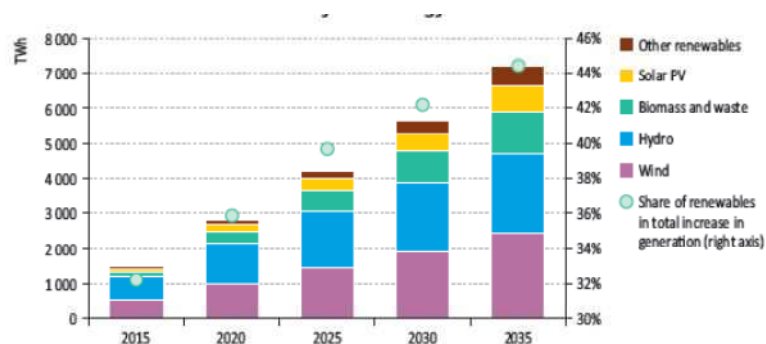
Capacités de production en Europe



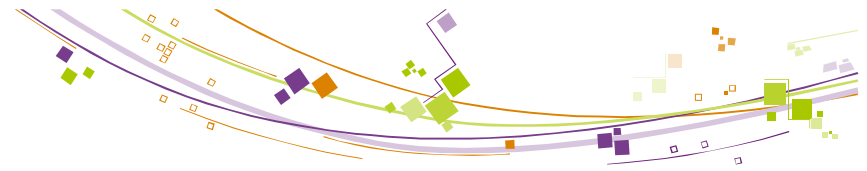
Source : EWEA - The European Offshore Wind Industry Key Trends and Statistics 2010

Prévisions pour les énergies renouvelables dans la production d'électricité

Figure : Accroissement de capacités mondiales de production d'électricité suivant le scénario « new policies » AIE



Source : World Energy Outlook, AIE, 2011



Agenda

- 1. Les énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique
- 2. La politique européenne
- 3. La production électrique à partir d'énergies renouvelables (avec focus sur les énergies marines)
- 4. La production de biocarburants
- Conclusion

Les différentes usages de la biomasse

- **Usages énergétiques de la biomasse :**

- chauffage
- Production d'électricité
- Co-combustion (chauffage et production d'électricité)
- Biocarburants (éthanol, ETBE, biodiesel)
- Biogaz



- **Plusieurs générations de biocarburant :**

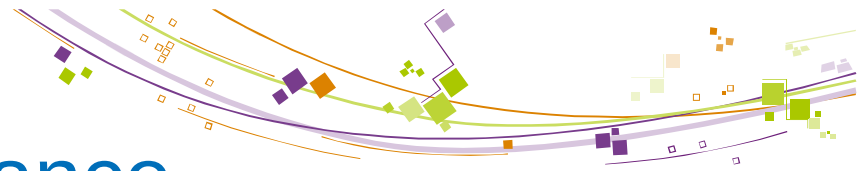
- 1^{ère} génération : en compétition avec les usages agricoles
- 2^{ème} génération : bois et déchets agricoles
- 3^{ème} génération : algues



Les biocarburants et le secteur des transports



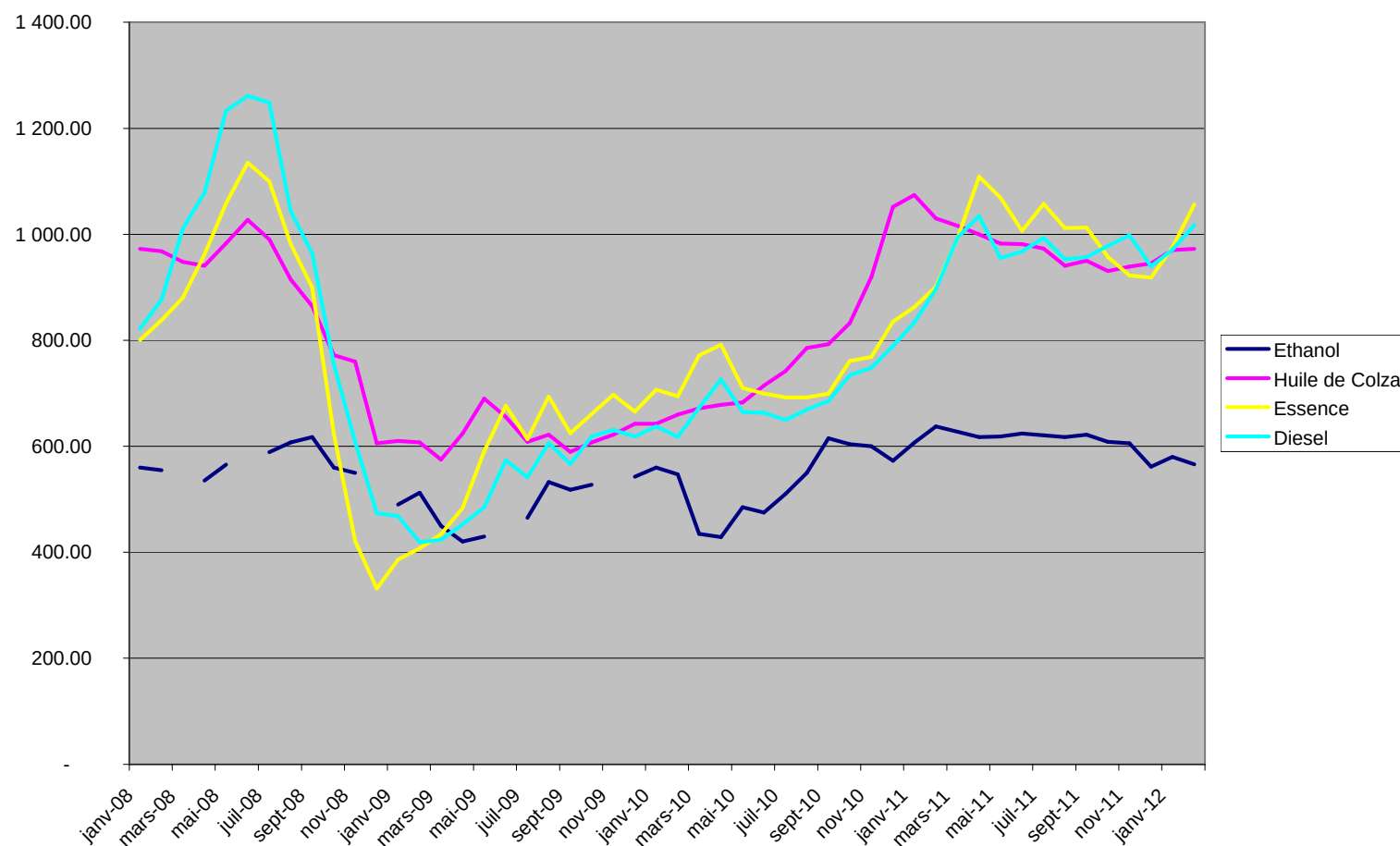
- **Le secteur des transports dépend pour 96% des produits pétroliers qui représentent environ 60% de la consommation de pétrole.**
- **Les biocarburants couvrent 3% des besoins du secteur des transports routiers en 2009 et cette part pourrait atteindre 7% en 2030**
- **Le bioéthanol peut être directement utilisé dans des moteurs flex-fuel mais il est généralement utilisé en mélange dans l'essence.**



Les biocarburants en France

- **Bio-éthanol** : produit à partir de céréales, betterave et canne à sucre principalement. Il est utilisé directement ou sous forme d'ETBE
- **EMHV (Ester méthylique d'huile végétale)**: produit à partir de tournesol ou betterave principalement.
- **En 2010** :
 - la production de biocarburant bioéthanol+ETBE est de 0,81 million de tonne (ce qui représente environ 5,3% de la consommation d'essence)
 - la production d'EMHV est de 2,1 millions de tonne (ce qui représente environ 6,3% de la consommation de diesel).

Prix des biocarburants et des produits pétroliers sur le marché de Rotterdam



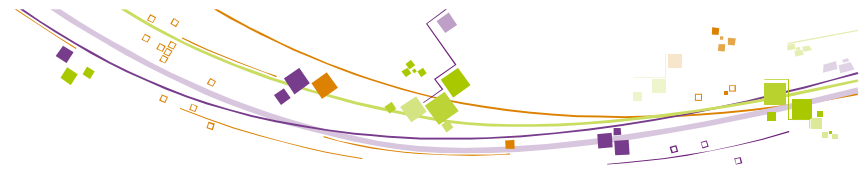


Prix et taxes sur les produits pétroliers

- L'ensemble des taxes sur les produits pétroliers ont représenté 34,6 milliards d'euros en 2010 (dont TIPP environ 24,3 milliards, TVA environ 10,2 milliards, TGAP environ 0,1 milliards d'euros)
- La TGAP (Taxe Générale sur les Activités Polluantes) doit être acquittée lorsque les objectifs d'incorporation de biocarburant ne sont pas respectés (7% en 2011).
- Les taux d'incorporation réalisés sont de 5,78% pour l'essence et 7,07% pour le gazole en 2011.

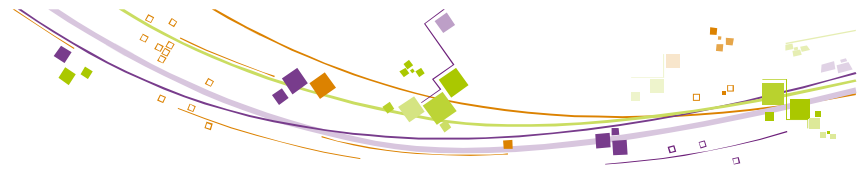
Tableau : exemple de décomposition du prix du gazole

Prix du pétrole	\$/b	100	
	\$/T	750	X 7.5
Prix du gazole sortie raffinerie	\$/T	877.5	X 1.17
	\$/l	1.038	/0.845
Conversion \$/€ Taux de change	\$/€	1.310	
	€/l	0.793	
Frais et marges de distribution	€/l	0.080	
Prix à la pompe HT	€/l	0.873	
Taxe d'accise	€/l	0.428	
TVA		0.255	19,6%
Prix à la pompe TTC	€/l	1.556	



Agenda

- Introduction
- 1. Les énergies renouvelables dans l'approvisionnement énergétique
- 2. La politique européenne
- 3. La production électrique à partir d'énergies renouvelables (avec focus sur les énergies marines)
- 4. La production de biocarburants
- **Conclusion**



Conclusion

- Les énergies renouvelables représentent une part croissante de l'offre énergétique et contribuent à sa diversification.
- La production d'électricité d'origine renouvelable provient pour l'essentiel de la production hydraulique. La production d'origine éolienne connaissent une forte progression en Europe.
- L'intermittence inhérente à la production d'origine solaire ou éolienne implique des besoins de capacité pour compenser une baisse de production (STEP, centrales à cycle combiné gaz) et contribue à la volatilité des prix sur le marché.
- Les biocarburants sont utilisés le plus souvent par incorporation dans les carburants fabriqués à partir du pétrole.
- La disponibilité des ressources peut entraîner des importations d'huile ou d'éthanol.