

ENERGIE ET ENVIRONNEMENT

Axel Gautier

Département d'économie

HEC-Ecole de gestion de l'ULg

Plan de l'exposé

- Les objectifs: la stratégie Europe 2020
- Le contexte: le marché libéralisé de l'électricité
- Les défis: intégrer les énergies renouvelables
- Conclusions

LA STRATÉGIE EUROPE 2020

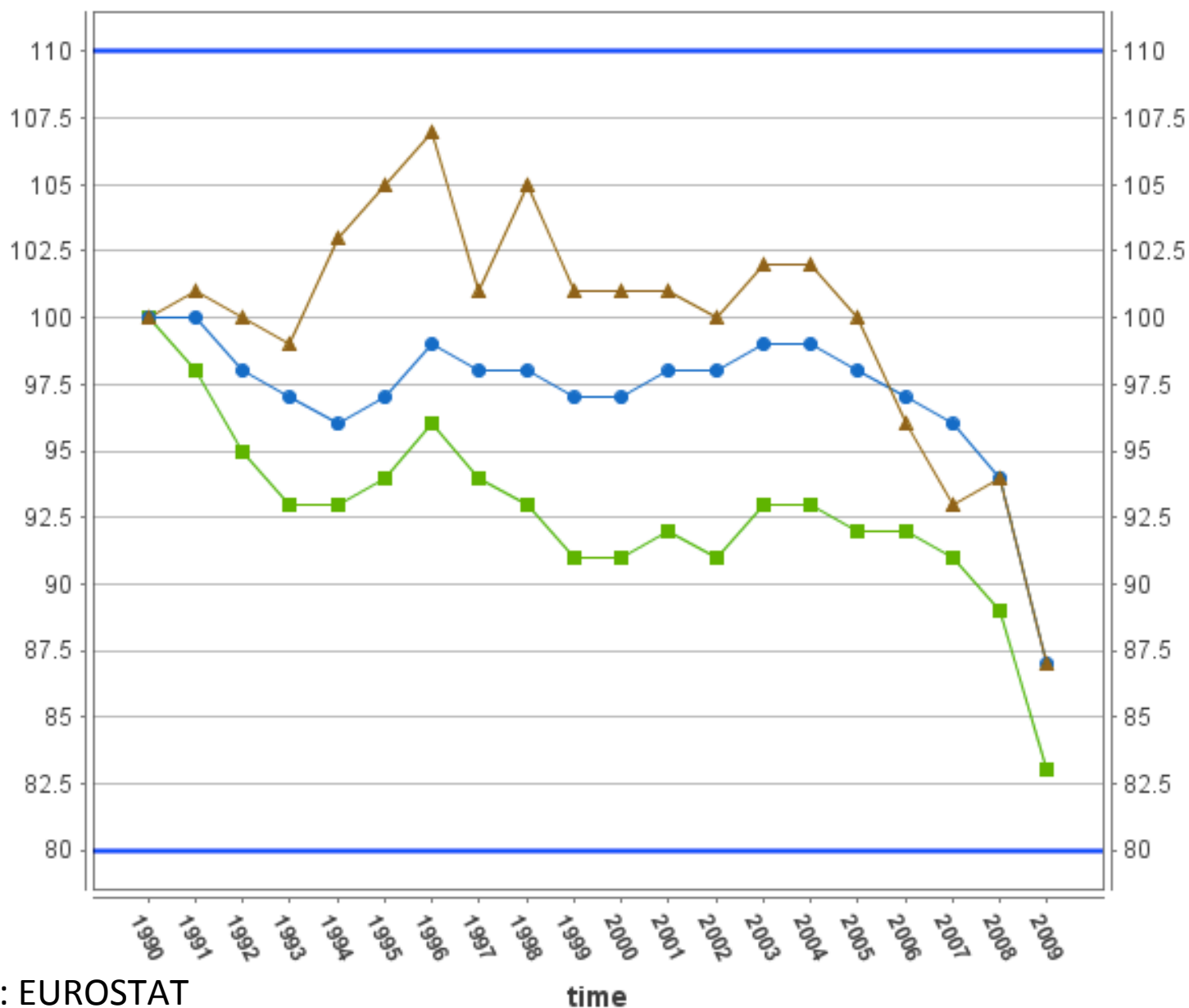
Les objectifs énergétiques de la stratégie *Europe 2020*

- **Réduction des émissions de gaz à effet de serre de 20 % (voire de 30 %, si les conditions le permettent) par rapport à 1990**
- **Utilisation d'énergie provenant de sources renouvelables à hauteur de 20 %**
- **Augmentation de 20 % de l'efficacité énergétique**

Greenhouse gas emissions

index base year = 100

Total Greenhouse Gas Emissions (in CO2 equivalent) indexed to 1990



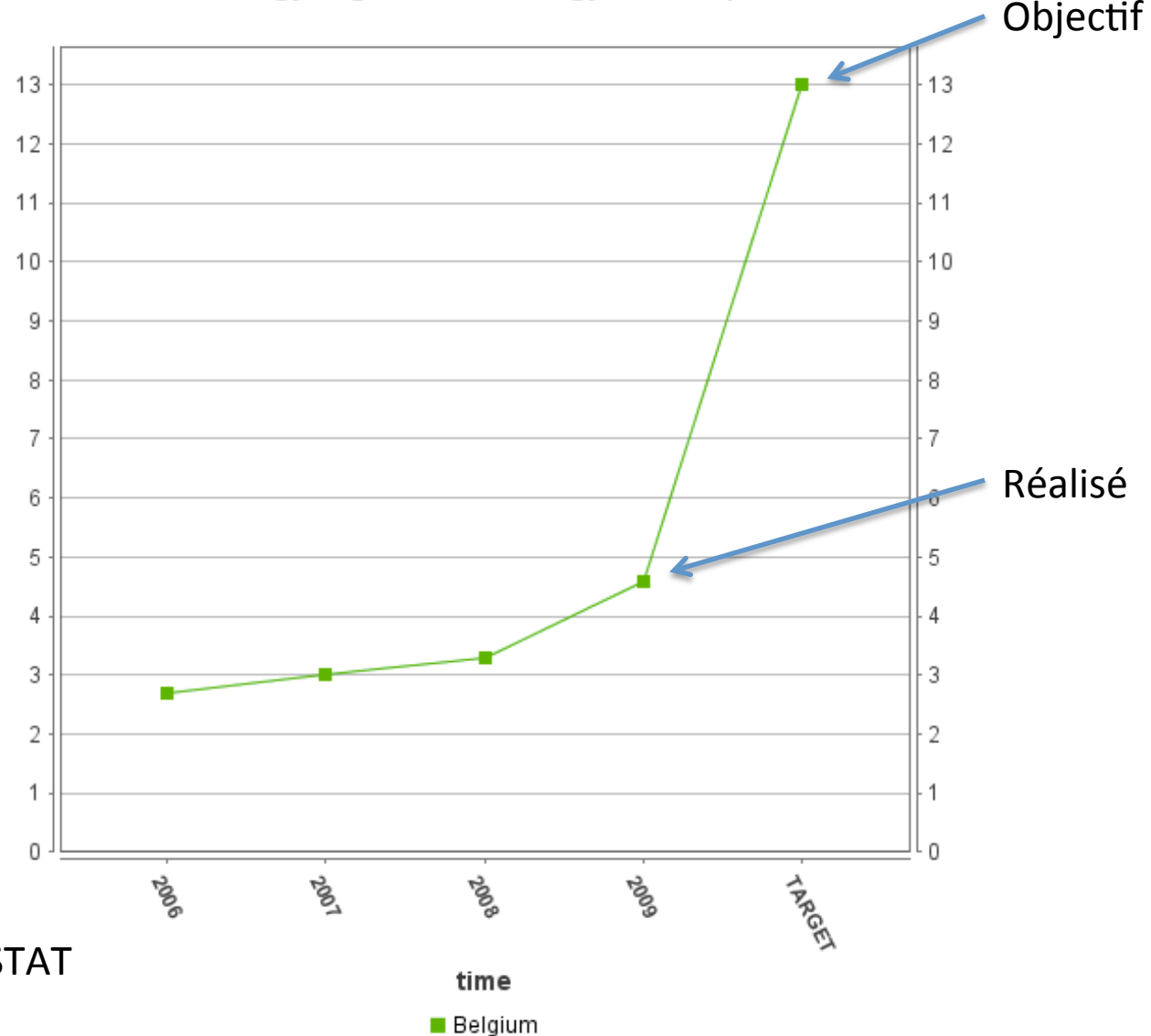
Données: EUROSTAT

■ EU (27 countries) ■ EU (15 countries) ■ Belgium - User defined limits

% énergie renouvelable, Belgique

Share of renewable energy in gross final energy consumption

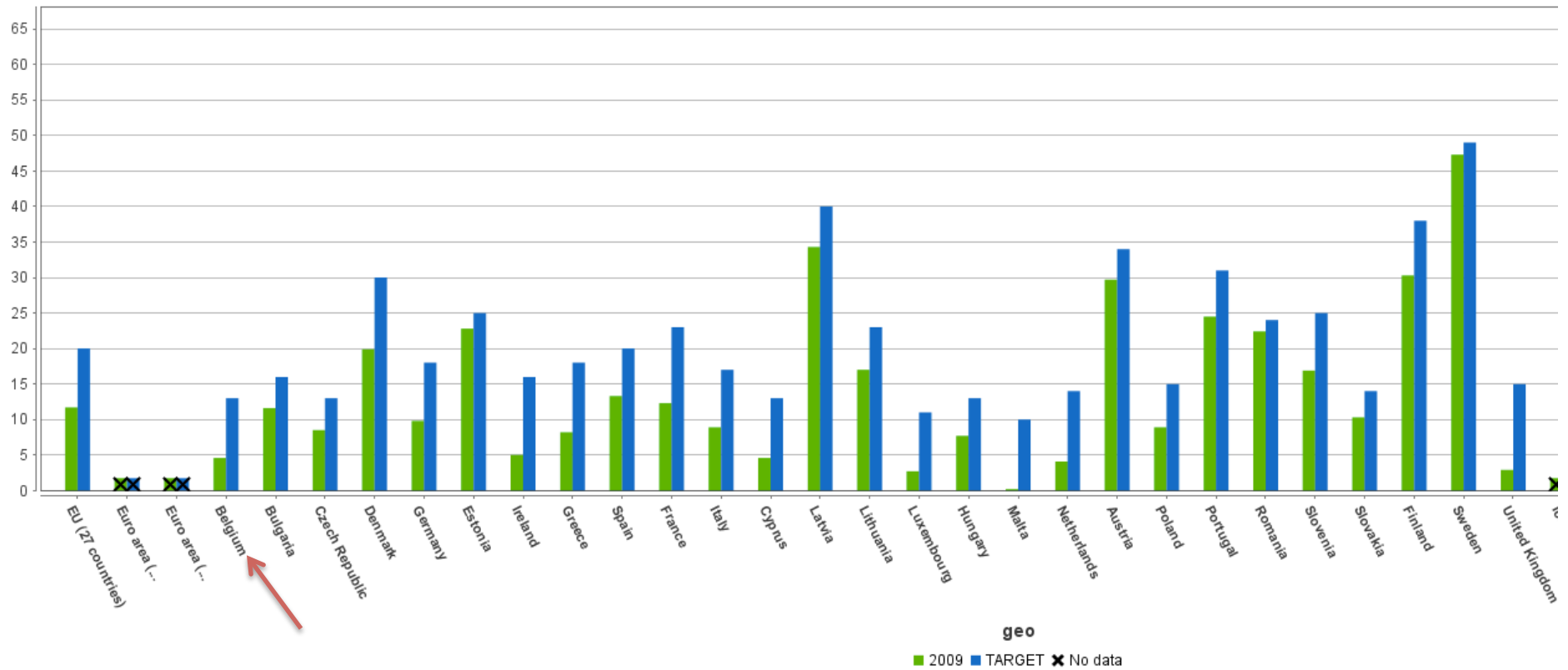
%



Données: EUROSTAT

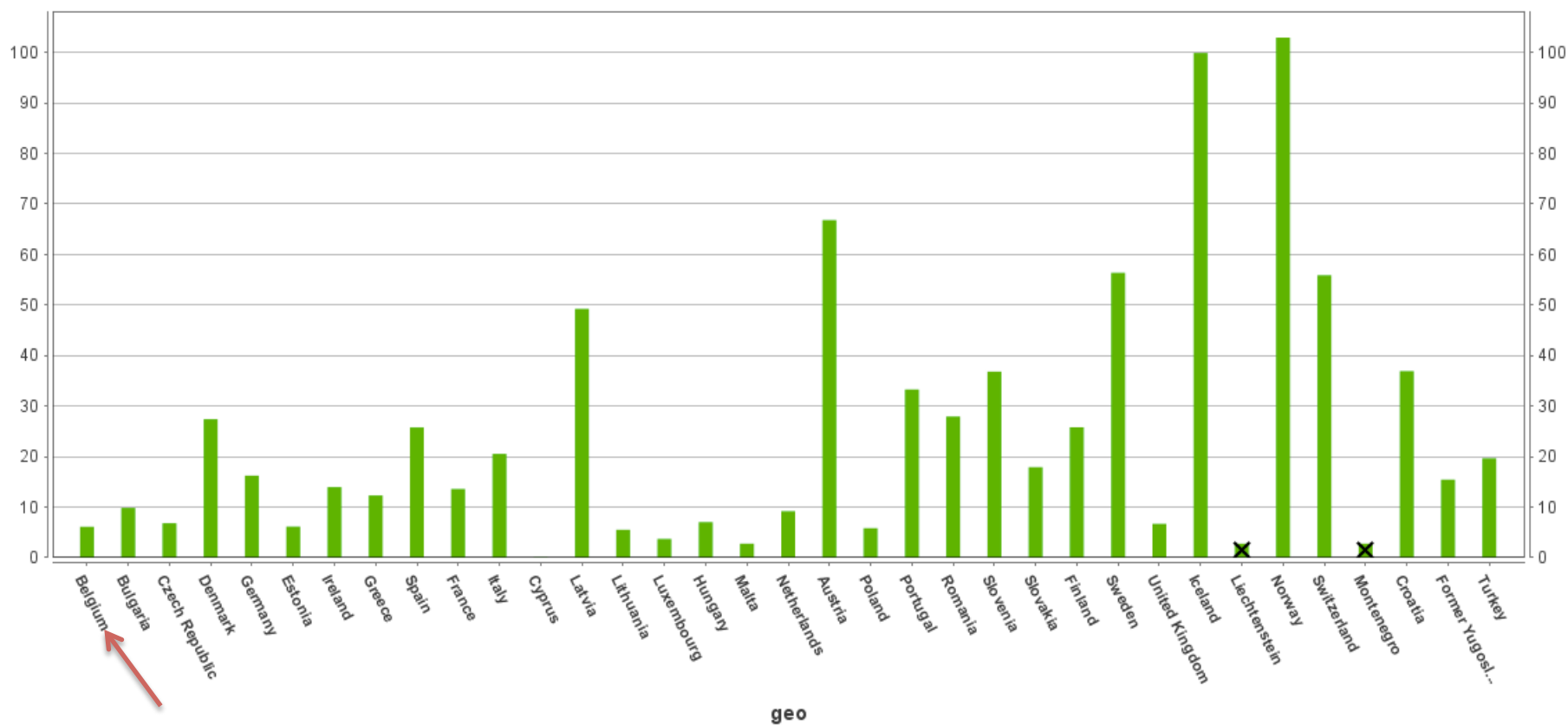
% énergie renouvelable

Share of renewable energy in gross final energy consumption



Données: EUROSTAT

Electricity generated from renewable sources
 % of gross electricity consumption

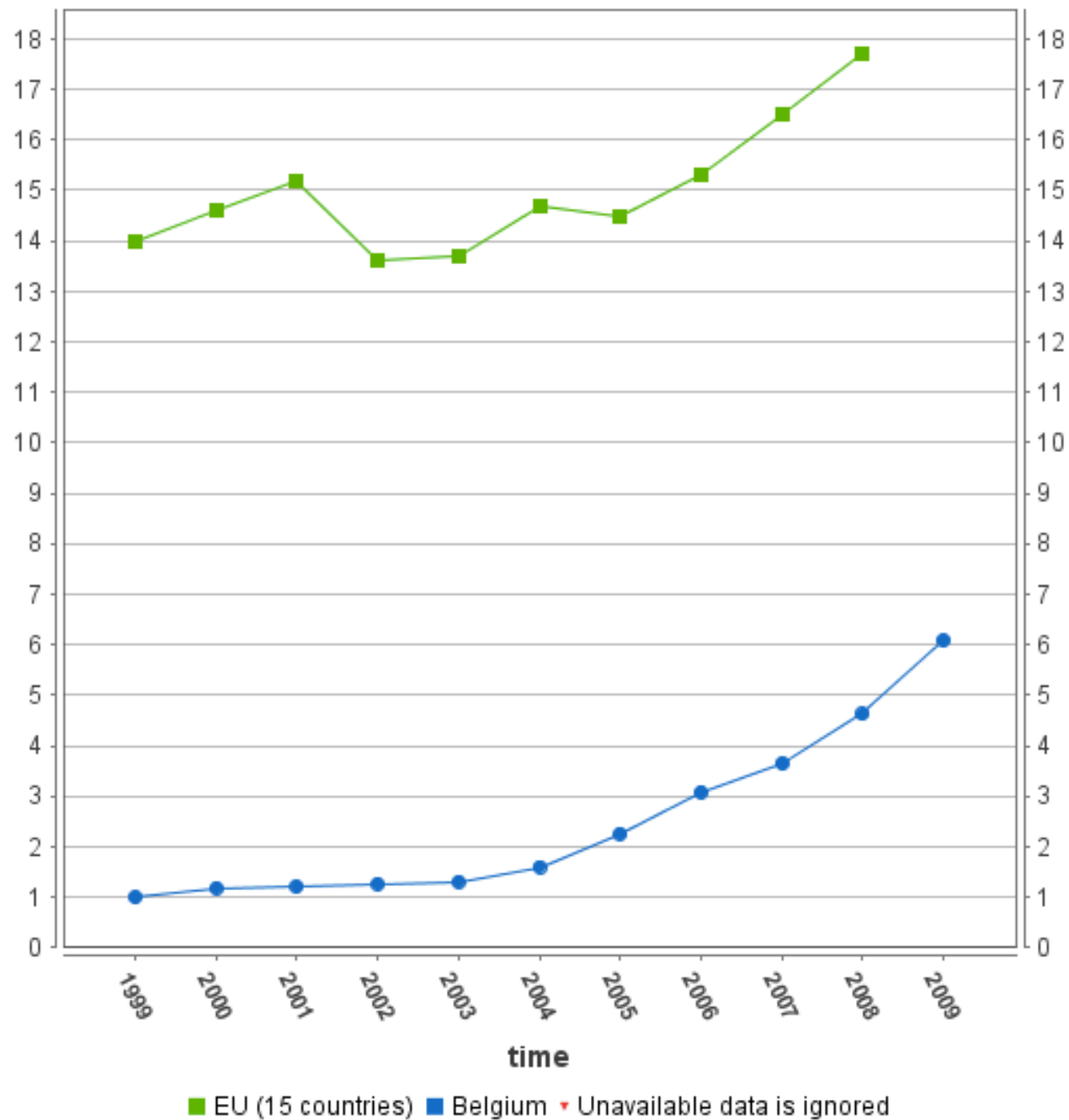


Exceptions: IS (1997)

■ 2009 ✕ No data

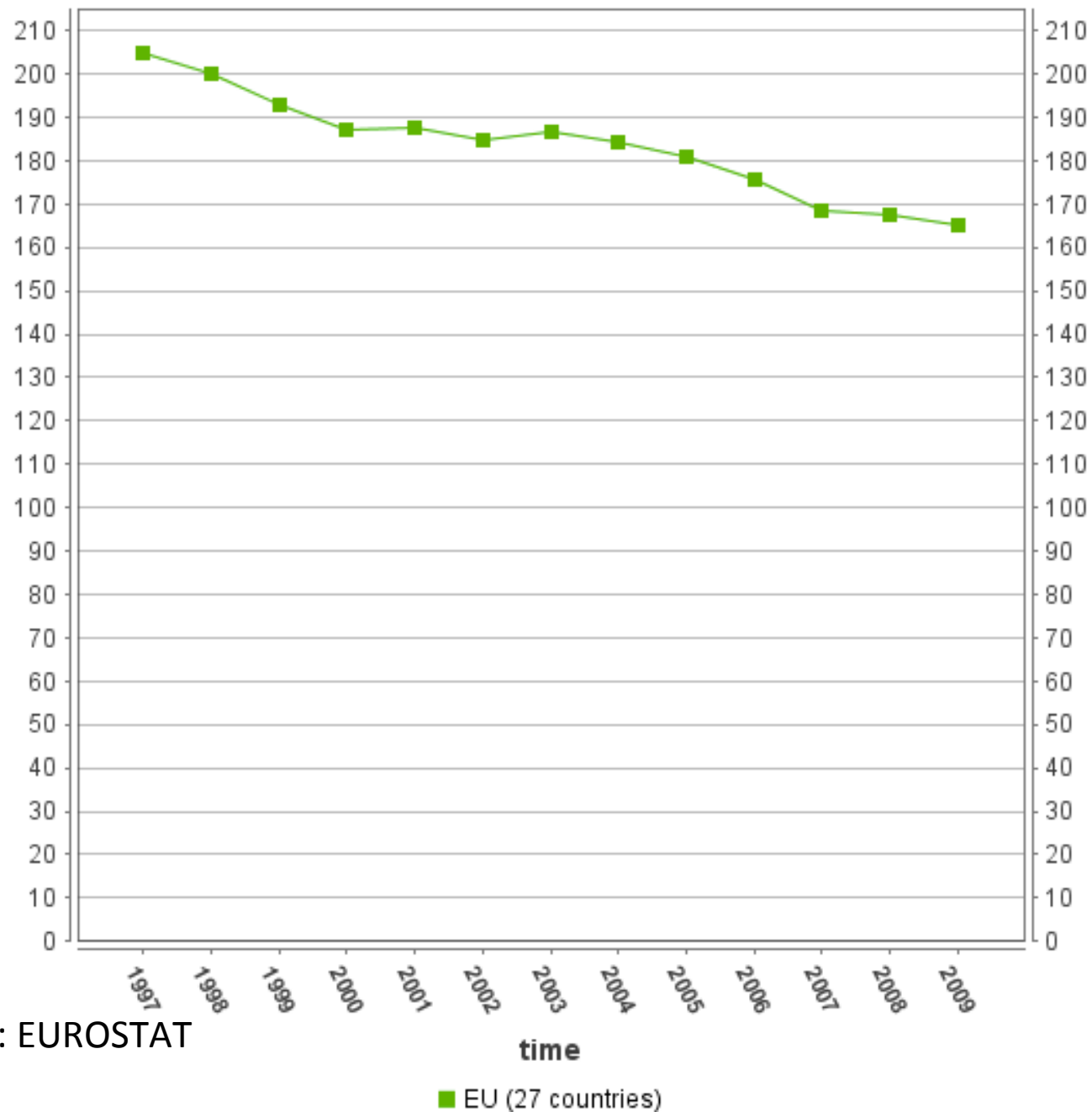
Electricity generated from renewable sources

% of gross electricity consumption



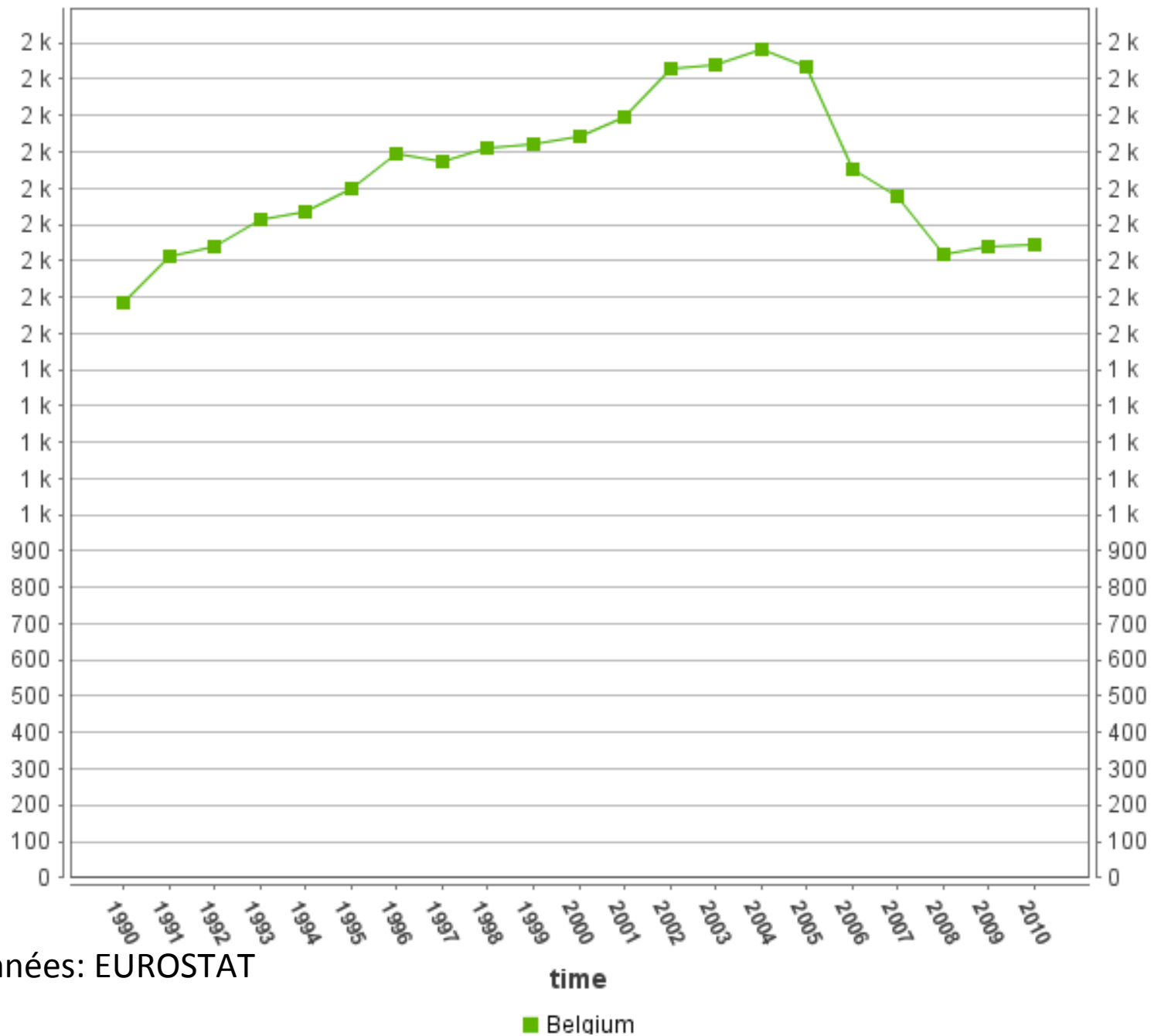
Energy intensity of the economy

Gross inland consumption of energy divided by GDP (kilogram of oil equivalent per 1 000 Euro)



Electricity consumption of households

1 000 toe



Europe 2020

- Des objectifs ambitieux
- Mais réalistes?
- La réalisation des objectifs E2020 nécessite
 - Une participation très large
 - Une politique ambitieuse
 - Une stratégie de mise en œuvre claire

MARCHÉ LIBÉRALISÉ DE L'ÉLECTRICITÉ

L'électricité, un bien particulier

- Dans un réseau électrique, à tout moment, la production doit être égale à la consommation (aux pertes près)
 - Baisse de la tension, black-out
- Sur un réseau électrique, les flux électriques obéissent aux lois de Kirchoff

Les métiers de l'électricité

- Dans le domaine de l'électricité, on distingue *4 'métiers'*
 - Production
 - Commercialisation
 - Transport (réseau HT)
 - Distribution (réseaux MT et BT)

Economies d'échelle

- Le coût des infrastructures du transport (et de distribution) correspond principalement à un coût fixe:
 - Investissement
 - maintenance
- Le coût dépend peu de l'intensité d'utilisation, de sorte qu'une utilisation plus intense des réseaux permet d'amortir leurs coûts sur un plus grand nombre d'unités.
- Si le coût marginal est constant, le coût moyen du réseau diminue avec la quantité de services offerts (*économies d'échelle*)
- Les *économies d'échelle* peuvent être telles que la duplication de l'infrastructure par un concurrent n'est pas économiquement possible
 - monopole de fait

Le monopole intégré

- Pendant longtemps, le marché de l'électricité s'est organisé sous la forme d'un monopole intégré
 - Une entreprise responsable des 4 métiers, à l'exception éventuellement de la distribution
 - Organisation monopolistique justifiée par les *économies d'échelle*
 - Régulation des activités du monopole
 - Tarifaire
 - Incorporation des gains de productivité et progrès technique
 - Coordination aisée des différentes activités

Remise en cause du modèle monopolistique

- Capacité limitée du régulateur à contrôler le monopole
 - Inefficacité dans l'allocation des ressources
- Introduction de mécanismes concurrentiels pour accroître l'efficacité
- Abaissement des tailles minimales efficaces
- Volonté de l'Europe de créer un marché Européen intégré

Le marché libéralisé

- La libéralisation est organisée autour de 4 principes
 1. Séparation verticale
 2. Accès ouvert
 3. Ouverture à la concurrence
 4. Régulation résiduelle

Séparation verticale

- Séparation des différents métiers de l'électricité
 - Séparation fonctionnelle (plusieurs business units)
 - Séparation juridique
 - Séparation patrimoniale
- Chacune des activités a un prix
- Les relations entre les différentes entités s'organisent sur une base contractuelle et commerciale et la coordination des activités évolue vers un système basé sur les prix.

Accès ouvert

- Accès de la *production* et de la *commercialisation* aux infrastructures de *transport* et de *distribution*
- Principe de l'accès transparent et non-discriminatoire
- Tarification de type 'timbre poste'

Ouverture à la concurrence

- La production et la commercialisation d'électricités sont ouvertes à la concurrence
- La concurrence se justifie par
 - L'absence de rendements d'échelle
 - La baisse des tailles efficaces minimales
- Le jeu de la concurrence devrait 'en principe' faire baisser le prix du KWh d'électricité
- Les producteurs ont accès aux réseaux HT et BT moyennant le paiement d'une redevance d'accès

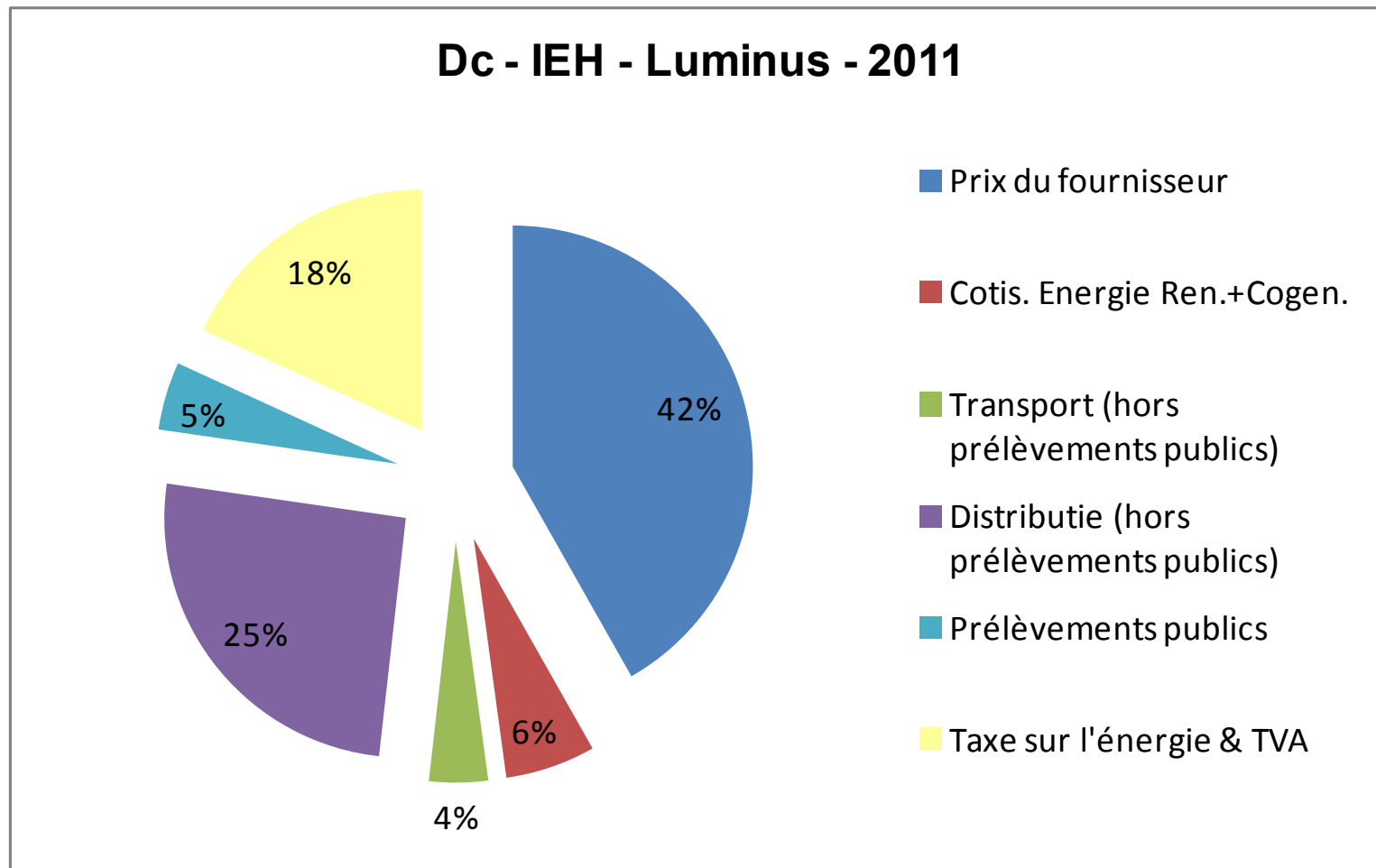
Ouverture à la concurrence

- En Wallonie depuis 2007, les consommateurs ont le choix de leur fournisseur d'électricité
- Fournisseur par défaut pour assurer la continuité de l'offre
- Choix de plusieurs formules tarifaires (fixe vs variable, mix énergétique, prix au Kwh, durée du contrat)
- Comparateur de prix (test achat, CWAPE)

Régulation résiduelle

- Le transport et la distribution conserve une structure monopolistique
- Justification: économies d'échelle
- Les activités de transport et de distribution sont régulées
 - Transport: régulateur fédéral (CREG)
 - Distribution: projet de régionalisation
- Obligations de service public imposées par les régions

Les composantes de la facture



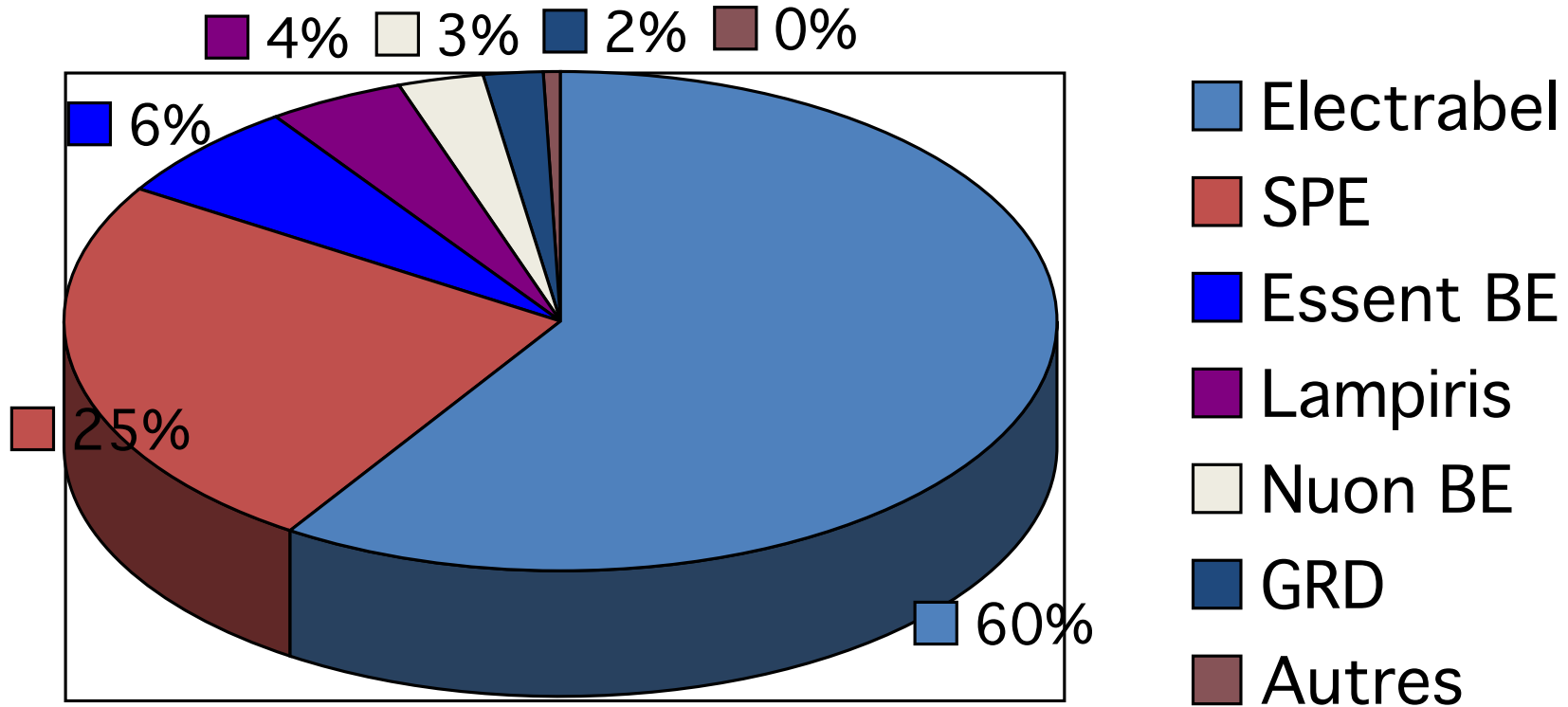
Source: Creg (2011)

Simulation réalisée sur base d'une consommation annuelle de 3500 kW

En Belgique

- Les acteurs
 - Production
 - Electrabel
 - SPE (Luminus)
 - Autres (Nuon, Lampiris,...)
 - Importations (7% de la consommation en 2005)
 - Transport: ELIA
 - Distribution: Intercommunales
 - Régulateurs: CREG (National), Cwape (Wallonie), VREG (Flandre), Breugel (Bruxelles)

Part de marché, Wallonie 2009



Source: CWAPE

En Belgique

- Pour les consommateurs, pas de baisse substantielle de la facture d'énergie depuis la libéralisation
 - Prix des combustibles fossiles
 - Concurrence limitée
 - Entreprise dominante
 - Hausse importante des tarifs de distribution
 - Augmentation des taxes
 - Augmentation de la part des énergies vertes fortement subsidiées

Les défis

- Une régulation plus efficace
- Une concurrence plus intense
 - Investissement dans de nouvelles capacités
 - de production
 - d'interconnexion
- Développement et intégration sur les réseaux des énergies renouvelables
- Développement des réseaux

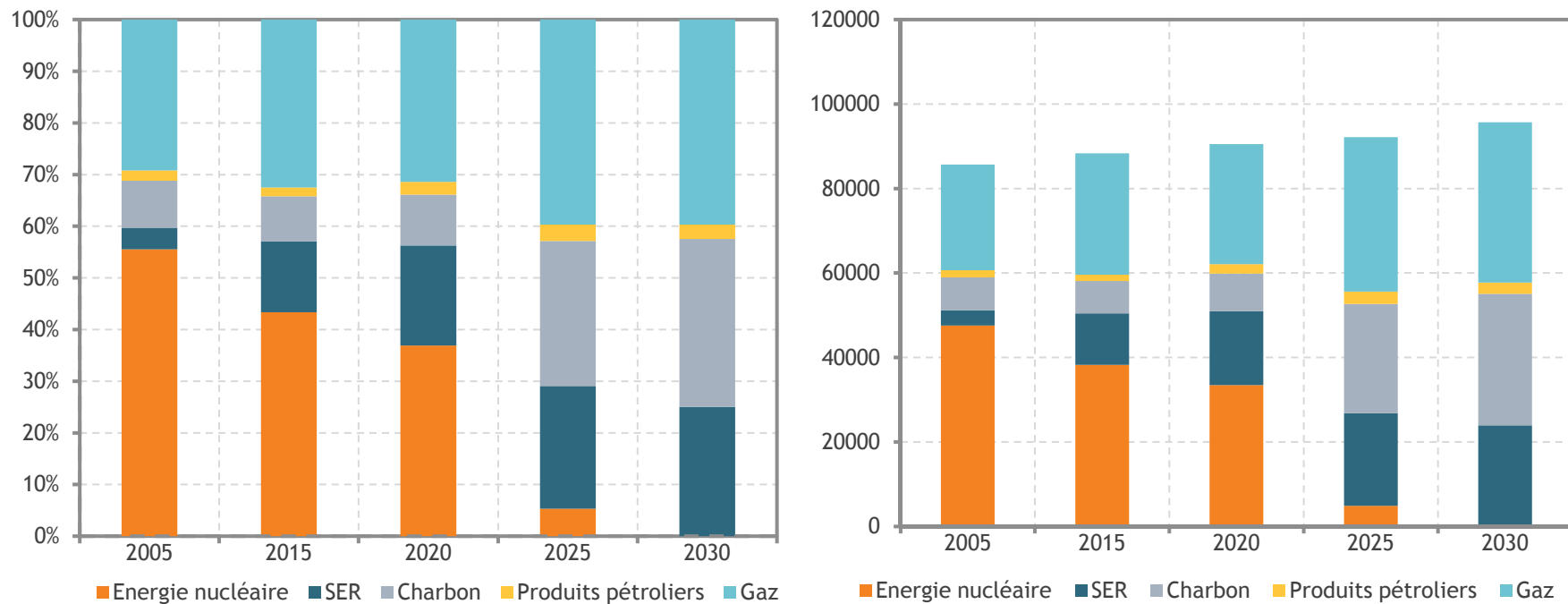
LES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Définition

- Prélèvement sur des flux naturels et non pas sur des stocks qui ne se renouvellent pas
- Principales sources d'énergies renouvelables:
 - Eolien
 - Solaire
 - Hydraulique
 - Géothermie
 - Biomasse
 - Marée
 - ...

Production d'énergie

Graphique 18 Part des différentes formes d'énergie dans la production brute d'électricité, scénario de référence en % sur le graphique de gauche, en TWh sur le graphique de droite

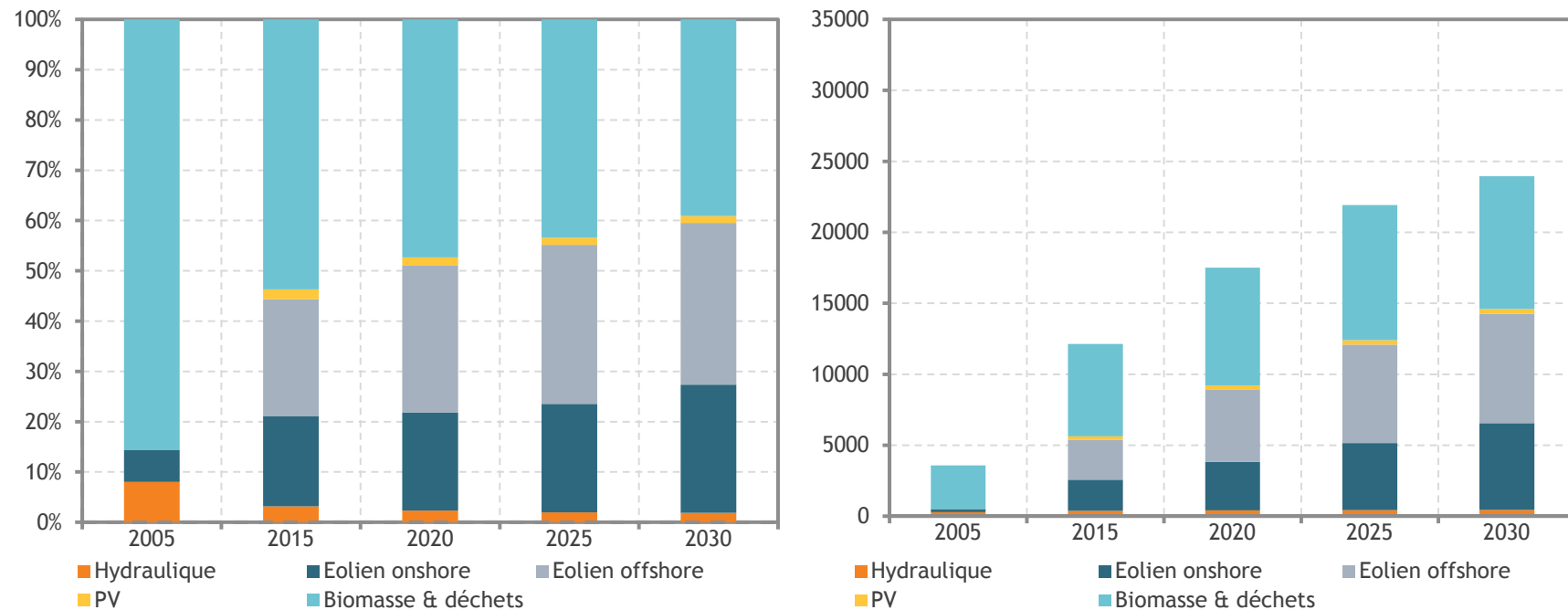


Sources : Eurostat, PRIMES

Données: Bureau du plan Perspectives énergétiques pour la Belgique à l'horizon 2030

Energies renouvelables

Graphique 19 Production brute d'électricité à partir de sources d'énergie renouvelables, scénario de référence
en % sur le graphique de gauche, en TWh sur le graphique de droite



Sources : Eurostat, PRIMES.

Données: Bureau du plan Perspectives énergétiques pour la Belgique à l'horizon 2030

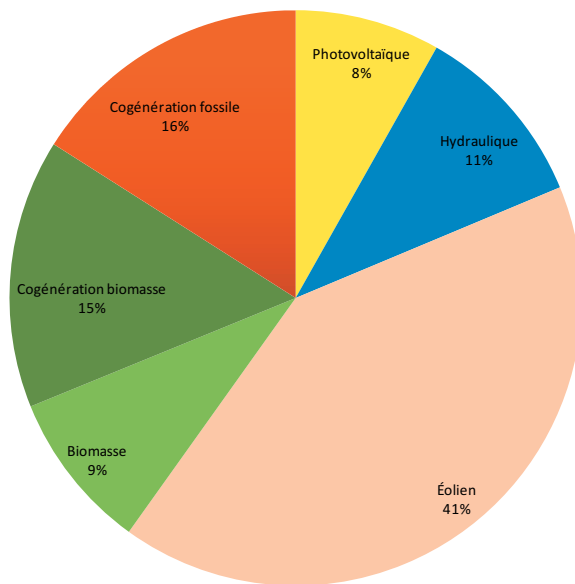
Wallonie, capacité en 2010

Sites de production	Nombre de sites	Puissance (kW)
Solaire PV	21 276	85 908
Hydraulique	83	110 204
Éolien	61	431 308
Biomasse	8	93 727
Cogénération biomasse	49	158 430
Cogénération fossile	60	167 861
Total	21 537	1 047 438

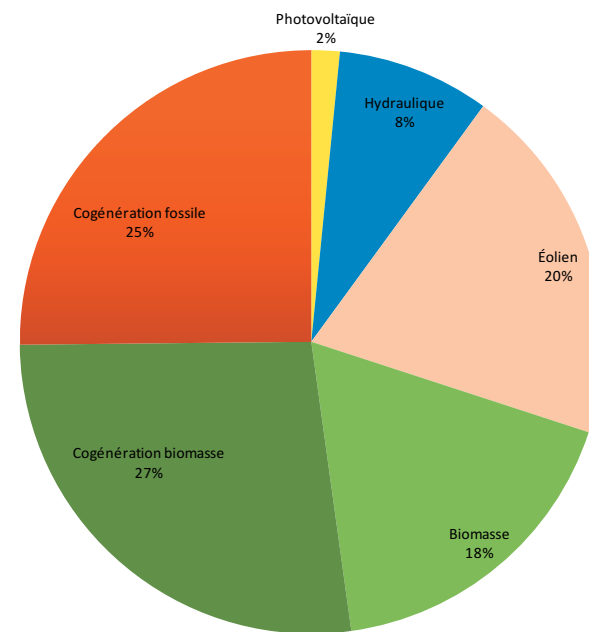
Tableau 6 : Sites de production d'électricité verte fin 2010

Wallonie, 2010

Puissance installée : 1047 MWe



3 491 GWh produits



Des énergies chères

	Nucléaire	Eolien Off-shore	Eolien On-shore	TGV	Charbon
Puissance (MW)	1400	5	2	480	750
Durée de vie (années)	60	20	25	30	40
Taux d'émission CO2	0	0	0	56	93
Coût marginal de long terme €/MWh	50,89	148,90	83,89	60,52	64,03

Source: Hansen & Percebois (2010)

L'énergie éolienne

- Coût de production de 85€/MWh
- 38% plus chère que le gaz
- L'énergie éolienne est
 - Intermittente
 - Imprévisible
- Le prix perçu par les producteurs est relativement faible
- Les éoliennes ne sont pas économiquement rentable en l'absence d'un mécanisme de soutien

Soutien aux énergies vertes

- En Wallonie, mise en place d'un système de certificats verts pour soutenir la production d'énergies renouvelables
- Les producteurs se voient accorder un certain nombre de CV pour chaque MW produit à partir d'énergies renouvelables
- Les CV ont une valeur comprise entre 65€ et 100€

Les CV

- Les fournisseurs d'énergie doivent fournir au régulateur des CV correspondant à pourcentage prédéfini de leurs livraisons
- En cas de défaut, une amende de 100€ par CV manquant est appliquée
- Il y a un marché pour les CV
- La RW garantit un prix minimum de 65€
- Prix en 2011: 83€

Octroi des CV en Wallonie

Filières (et puissance totale d'installation)	Taux d'octroi (CV/MWh)	Niveau de soutien minimum garanti (EUR/MWh)	Niveau de soutien maximum théorique (EUR/MWh)
Cogénération fossile (≤ 20 MW)	0,1 à 0,4	6,5 à 25	10 à 40
Biomasse (≤ 20 MW)	0,1 à 1	6,5 à 65	10 à 100
Hydraulique (≤ 20 MW)	1	65	100
Éolien	1	65	100
Cogénération biomasse (≤ 5 MW)	0,1 à 2	6,5 à 130	10 à 200
Photovoltaïque (≤ 10 kWc)	6 à 7	390 à 455	600 à 700
Photovoltaïque (10 - 250 kWc)	1,2 à 6	160 à 390	170 à 600
Photovoltaïque (> 250 kWc)	1 à 1,2	150 à 160	150 à 170

Tableau 1 : Niveau de soutien pour différentes filières de production

Cwape, 2010

Quotas de CV

2003	3%
2004	4%
2005	5%
2006	6%
2007	7%
2008	8%
2009	9%
2010	10-11.75%
2011	13.5%
2012	15.75%

Utilisation des éoliennes

Table 2

Average capacity factors over 2003–2007.

Area	EU15	DE	ES	DK	IT	UK	FR	PT	NL
Capacity (GW)	56.3	22.2	14.1	3.1	2.7	2.5	2.4	2.2	1.7
Energy (TWh)	97.7	39.5	28.8	6.1	4.2	5.3	4.2	3.8	3.5
Load share (%)	3.2	6.2	8.5	15.6	1.3	1.3	0.7	7.0	3.3
Capacity factor (%)	20.8	18.3	24.8	22.8	19.1	26.1	22.3	22.7	21.5
Area	AT	GR	IR	SE	BE	PL	FI	CA	US
Capacity (GW)	1.0	0.9	0.8	0.7	0.3	0.3	0.1	2.4	16.6
Energy (TWh)	2.0	1.9	1.9	1.2	0.5	0.5	0.2	4.4	32.1
Load share (%)	3.1	2.9	16.2	0.8	0.5	0.3	0.2	1.9	0.7
Capacity factor (%)	20.1	29.3	29.3	21.7	20.0	25.9	21.8	22.4	25.7

Source: Bocard (2009) *Energy Policy*

Intermittence et imprévisibilité

- L'énergie éolienne est intermittente et imprévisible
- En Belgique, le facteur d'utilisation est de l'énergie éolienne on-shore est de 20%
- Pour palier aux problèmes d'intermittence et d'imprévisibilité
 - Marché spot
 - Capacités additionnelles de production

Production

- Tableau de production avec N générateurs intermittents
- CF=20%
- Générateurs non-corrélés

	N=3	N=10
0 MWh	51,2%	11%
1 MWh	38,4%	27%
2 MWh	9,6%	7%
3 MWh ou +	0,8%	55%

Production

- La multiplication de générateurs **non-corrélés** permet de pallier en partie les problèmes d'intermittence des générateurs
- L'introduction de l'énergie éolienne ne peut se concevoir qu'en conjonction avec d'autres types de générateurs
- Pour avoir des générateurs non-corrélés: investir dans l'interconnexion des réseaux

Perspectives

- Couplage des énergies éoliennes avec d'autres générateurs pour résoudre les problèmes d'intermittence
- Nécessiter de penser en terme de **mix énergétique**
- L'évaluation économique et environnementale de l'énergie éolienne doit se faire sur un base d'un mix énergétique

Perspectives

- Couplage de l'énergie éolienne avec
 - Dispositifs de type 'smart grid'
 - Dispositifs de stockage
 - Mécanisme de réserve (non-consommation)
- Augmentation des capacités d'interconnexion pour diversifier les sources d'approvisionnement

CONCLUSIONS

Pour conclure

- Objectifs Europe 2020 ambitieux
- L'intégration des énergies renouvelables dans les réseaux électriques nécessite de repenser ceux-ci
 - Investissement
 - Progrès technique
- La réalisation des objectifs ne pourra se faire sans un soutien public efficace

Je vous remercie pour votre attention !

Axel Gautier
Université de Liège
agautier@ulg.ac.be