

# Politique énergétique 2030 et 2050 pour la Belgique (partim combustion d'énergie + pétrochimie)



**Éolienne de 8.4 MW**

# Puissance et Energie

- **P : puissance** (Watt, J/s, CV) reflète la vitesse à laquelle un travail est fourni. C'est la quantité d'énergie par unité de temps
- S'exprime en kW, MW, GW et TW.
  
- **E : Énergie** (Watt.heure, J) est consommée en utilisant une puissance pendant un certain temps :  $E = P.t$
- S'exprime en kW.h (ou kWh), MW.h; GW.h et TW.h



# I. Constat Energie :

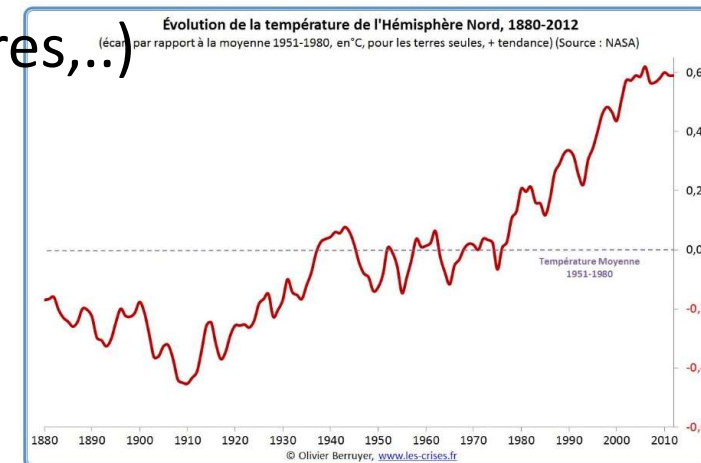
## I.1 l'impérative nécessité de collaborer entre nations



énergie d'origine fossile (pétrole, gaz, charbon)  
matériaux (lithium, nickel, cuivre, fer, terres rares,..)



La température globale moyenne à la surface  
de la terre augmente (GES).



**Un changement radical doit être opéré dans  
notre façon de produire et de consommer  
l'énergie.**

## I.2 Stratégie et prérequis:

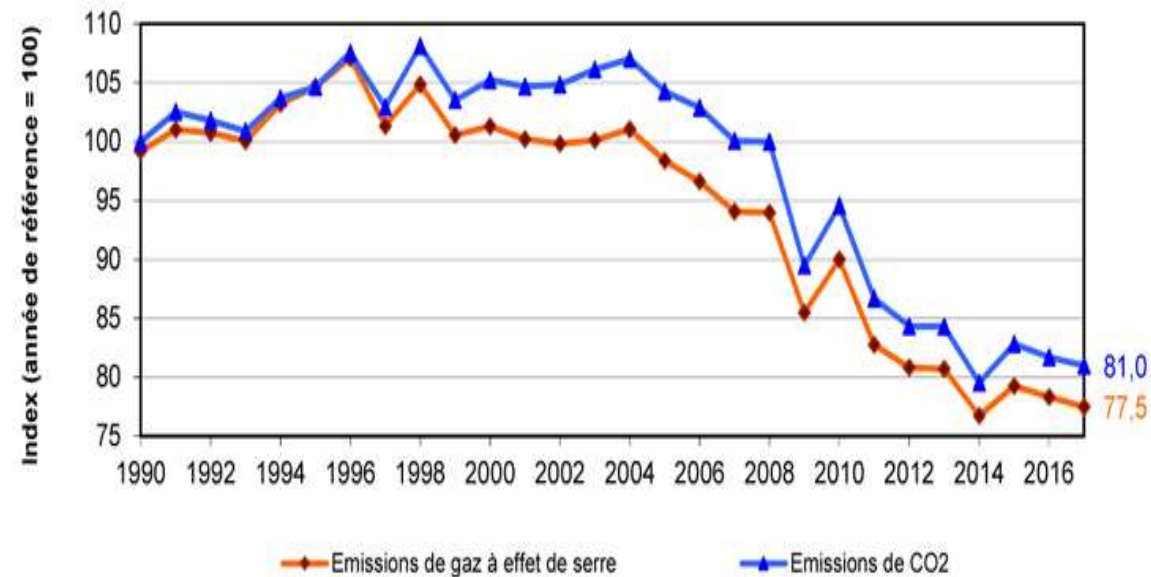
Assurer :

- La disponibilité et contraintes géostratégiques sur le long terme,
- la compétitivité des entreprises grandes consommatrices d'énergie,
- l'évolution raisonnable du prix de l'énergie et sa disponibilité,
- décarbonation totale en 2050,
- une vision stable et à long terme (au moins jusque 2030).

## II. Les objectifs 2030 et 2050 et la consommation d'aujourd'hui

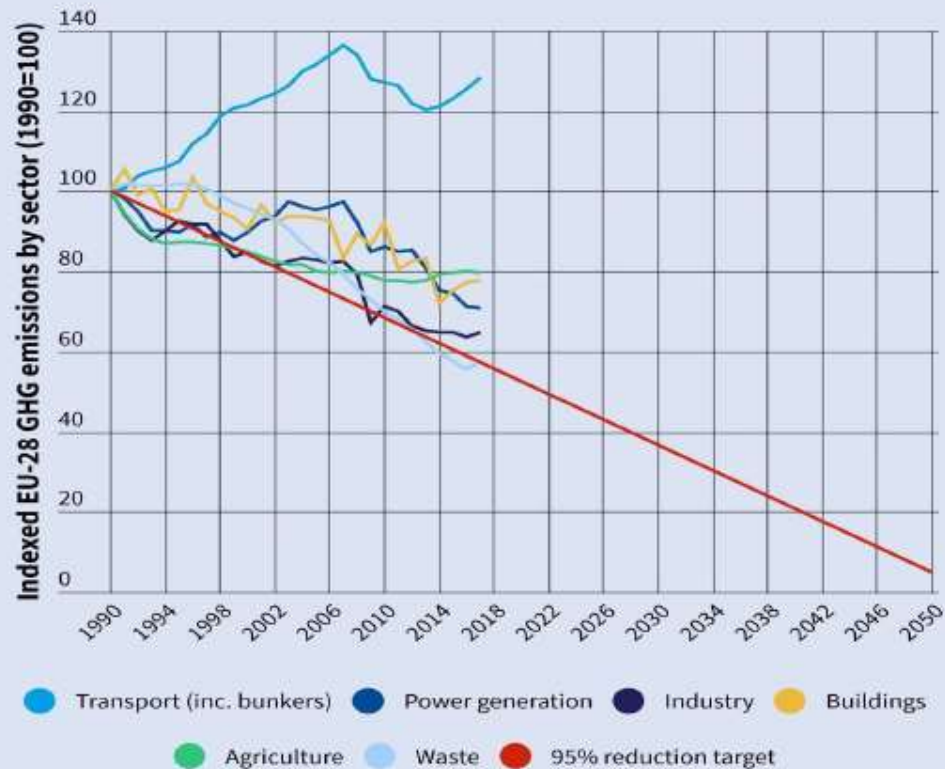
### II.1 Objectifs européens comme base de la stratégie recherchée :

- Réduire en 2030 (par rapport à 1990) les gaz à effet de serre de 40%,
- renouvelables à au moins 27%,
- A l'échéance 2050, l'Europe disposerait d'un système énergétique sûr, compétitif et décarbonné [5,6].



Émissions belges

## Off track: transport taking wrong turn to reach EU climate targets



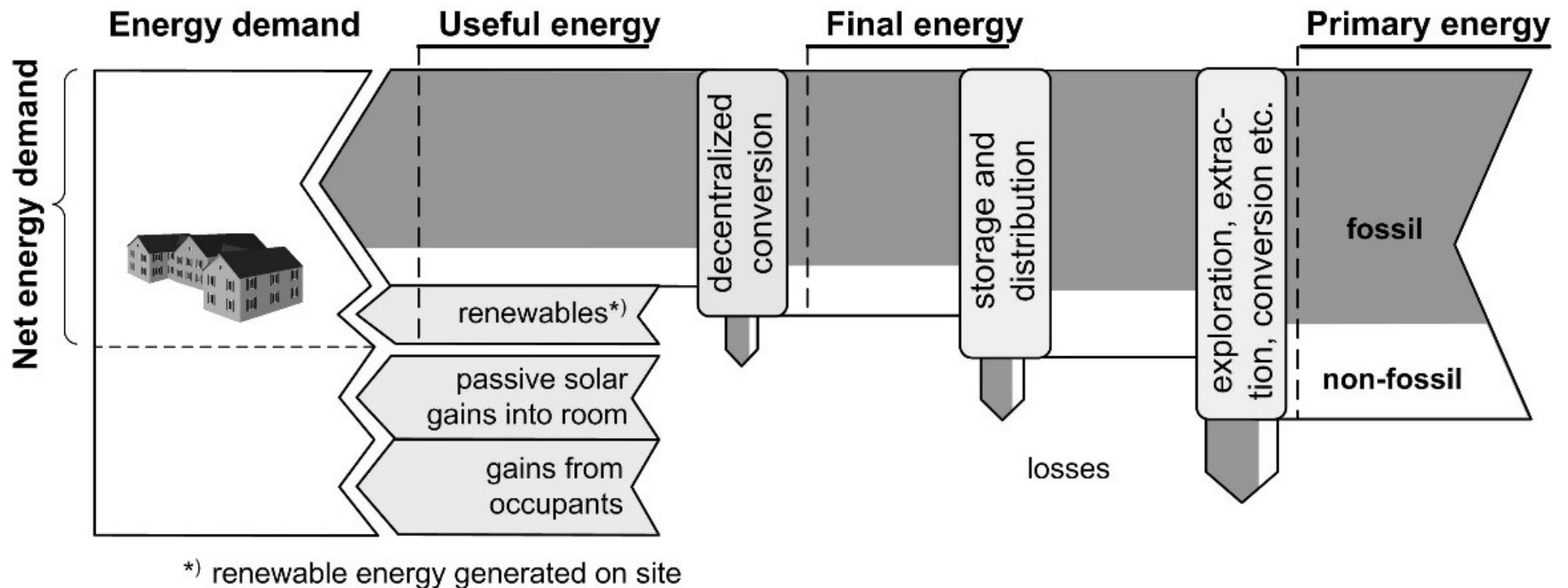
Source: Transport & Environment from Member States' reporting to the UNFCCC (1990-2016 data) and EEA's approximated EU greenhouse gas inventory (2017 data)

# Tendances objectifs en Europe (2016)

# L'énergie primaire et secondaire

- **Energie primaire** = **énergie** disponible dans la nature avant toute transformation (pétrole, charbon gaz par ex).
- Si elle n'est pas utilisable directement, elle doit être transformée en une source **d'énergie secondaire** (électricité, hydrogène par ex) pour être utilisable et transportable facilement.
- Une Mtep est une mégatonne équivalent pétrole. Une unité de mesure de l'énergie :
- 1 Mtep = 11,6 TWh (Tera-Watt-heure) = 1.160.000.000 m<sup>3</sup> de gaz

# L'énergie primaire et l'énergie utilisable



Exemple appliqué au bâtiment (chauffage)

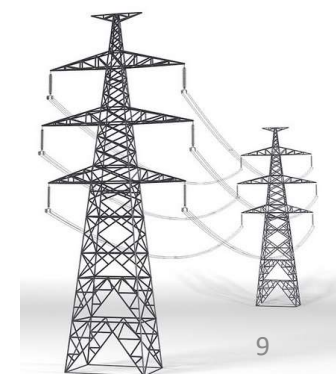
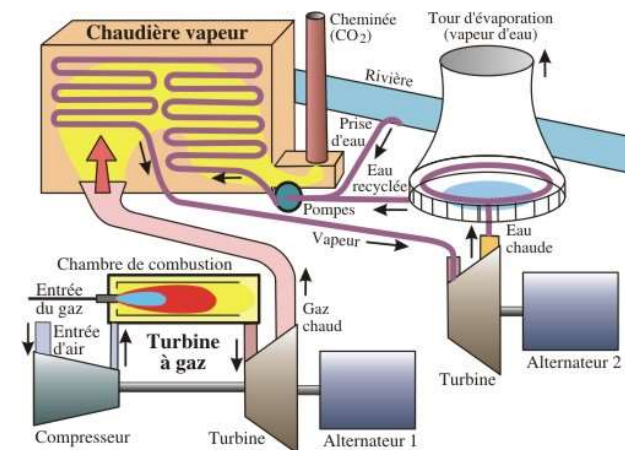


# Exemples de pertes d'énergie

**Turbine Gaz-Vapeur (TGV): rendement 60%** (le reste à l'environnement via tour de refroidissement, fleuve, fumées comprenant CO<sub>2</sub>, émissions)

**Véhicule essence ou diesel : rendement « du puits à la roue » : environ 12%** (le reste à l'atmosphère comprenant chaleur, CO<sub>2</sub>, particules, Composés volatiles, Nox)

**Transport de l'énergie électrique (lignes, câbles) : rendement 95%** (pertes Joules → chaleur) dans un réseau maillé comme dans les pays européens (en Belgique, perte totale de l'ensemble du réseau, par an, environ 4%)



# Origine des données utilisées (liées à la combustion d'énergie)

Statistique européenne 2015 (EUROSTAT)

<http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (« energy balance » dans sa version juin 2017, Belgique en feuille 3 du fichier excell)

## II.2 Consommation d'énergie en Belgique en 2015

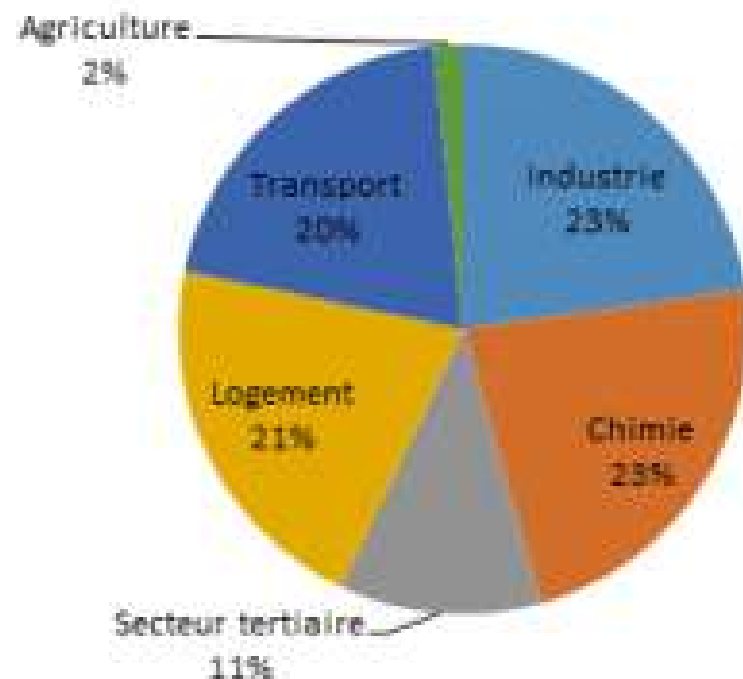
**44,8 Mtep ou 520 TWh**

**16% en électricité (= 83 TWh dont 13,9 TWh renouvelable)**

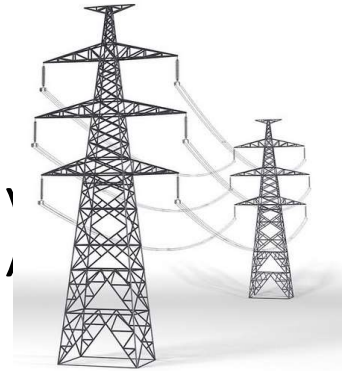
**8% énergie renouvelable (chaleur (>50%), électricité, transport (bio-carburant))**

## II.2 Consommation d'énergie en Belgique en 2015

- Industrie : 20,5 Mtep soit **46%**  
20% non-énergétiques (pétrochimie)  
+ 26% (transformations);
- Résidentiel et tertiaire : 13,9 Mtep soit **31%**  
11% (services) + 18% (résidentiel) + 2% (agriculture);
- Transport : 10,4 Mtep soit **23%**  
2% (rail) + 18% (route) + 3%(avion).



## II.3 L'hypothèse du tout électrique ? (à consommation énergétique constante)



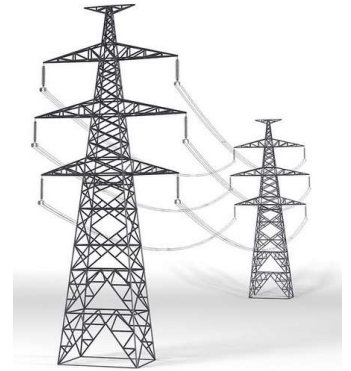
En Belgique en 2050, il nous faudrait fournir [11] environ  
44 MWh/habitant/an x 12,5 millions d'habitants

soit 550 TWh/an.

Rappelons qu'à ce jour, en Belgique, nous consommons  
environ 83 TWh d'électricité par an.

**IMPOSSIBLE**

## II.4 L'hypothèse du tout électrique uniquement en renouvelable ?



Panneaux PV (2 MWh/an pour 10 m<sup>2</sup>) : 2500 km<sup>2</sup>, **100 fois plus qu'actuellement**, (+36% par an) passer à 340 GWc installés. **Non sense...**

Eoliennes off-shore ( 15 GWh/an pour 5MW), il en faudrait 36.600, soit 183 GW installés. **Non sense....**

### III. Objectifs évidents

- ***diminuer la consommation***
- ***partager un avenir énergétique européen***
- ***utiliser des nouvelles technologies dont les « smart grids » et les micro-réseaux***

## IV. Scenario possible 2015 → 2030 (Belgique)?

**2015 (44,8 Mtep ou 520 TWh)  
dont 16% en électricité (83 TWh)**

- Industrie : 20,5 Mtep soit 46%
- Résidentiel et tertiaire :  
13,9 Mtep soit 31%
- Transport : 10,4 Mtep soit 23%

**2030 (32,5 Mtep ou 380 TWh) -27%  
dont 23% en électricité (90 TWh) +8%**

**Industrie : 16 Mtep soit -20%**

**Résidentiel et tert. : 8 Mtep (-45%)**

**Transport : 8 Mtep soit - 20%  
(20% du transport électrique)**



# IV.1 Comment réaliser le scénario ?

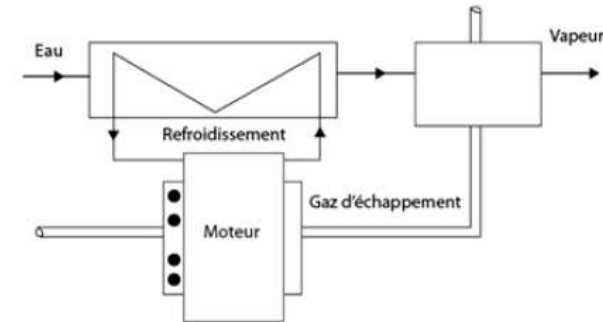
## 1. Industrie

Industries : processus moins énergivores mais compétitif

**Favoriser la cogénération**, la production locale et la mise en réseau locale.

Organiser la production (pour certains secteurs) : modulée (saisons), consommer l'énergie nécessaire durant les périodes où elle est la moins chère [18].

**Introduire le vecteur hydrogène** (ou du gaz méthane de synthèse) pourrait se révéler indispensable.



## IV.2 Comment réaliser le scénario ?

### 2. résidentiel et tertiaire

- neutralité énergétique dans les bâtiments tertiaires et le label PEB A dans le résidentiel [19].
- Démarrer immédiatement une **politique d'isolation renforcée des immeubles**. Il faudra rénover en profondeur une partie du parc existant
- Agir dans l'urbanisation et la révision de la vie en commun dans des immeubles multifonctions (résidentiel privé, résidentiel CPAS, loisirs, administrations, entreprises).
- Agir au niveau des successions (110.000 décès par an)



## IV.3 Comment réaliser le scénario?

### 3. transport terrestre



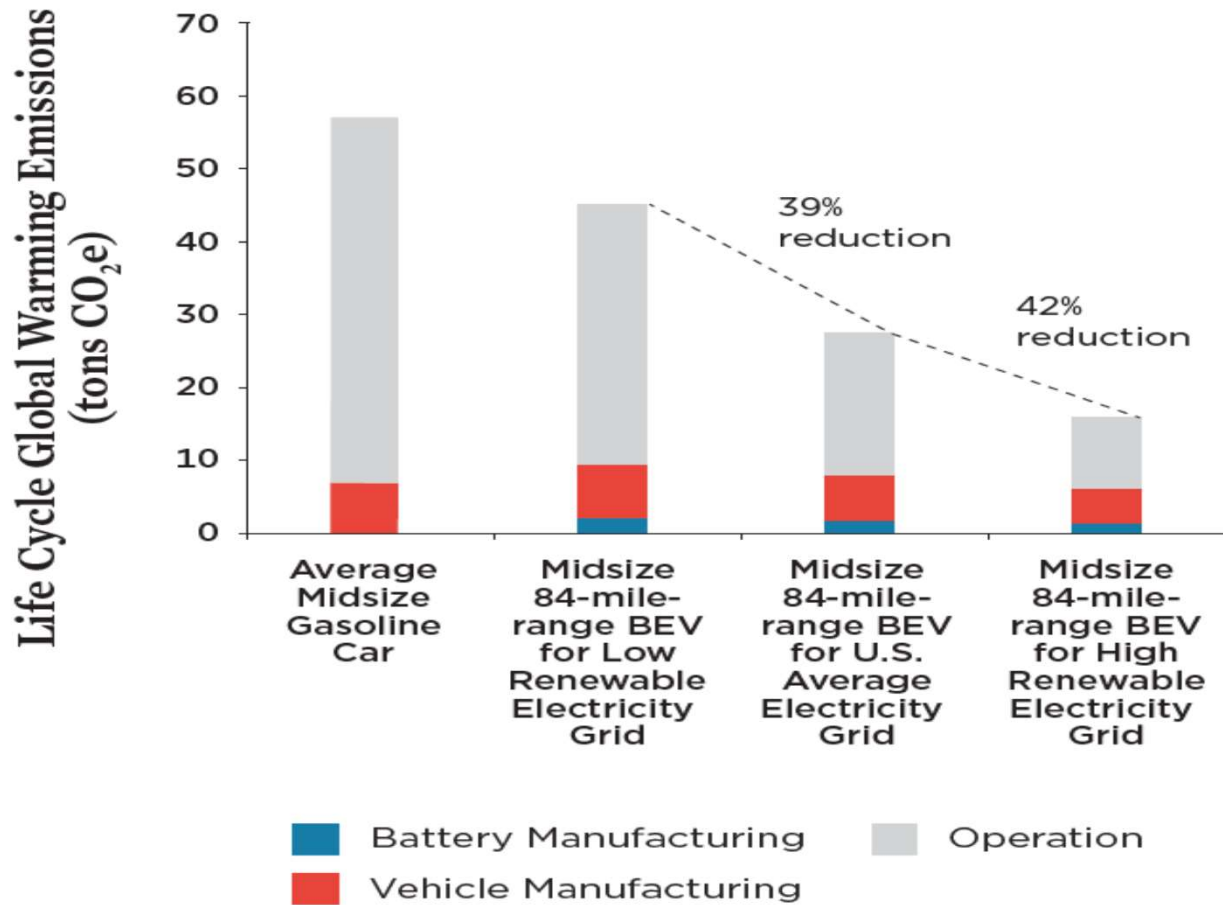
Réformer complètement le parc de véhicules  
(privés, transport public, transport de marchandises)

Diminuer nombre de véhicules et km parcourus, passer aux véhicules électriques, voire autonomes. (Cycle de vie favorable si élec renouvelable)

Favoriser et développer le transport par tram, train (personnes et marchandises) et encourager la multi-modalité en la mêlant avec des véhicules partagés

Forcer les véhicules de société à emboîter ce pas (40% du marché en Belgique) une reconversion électrique pour 20% du marché (2030)

# Cycle de vie des véhicules (CO2)



# Comment réaliser le scénario (transport terrestre, suite)



**Diminuer la consommation** moyenne d'énergie au km par véhicule (fonctionnement électrique) **d'environ 80%** :

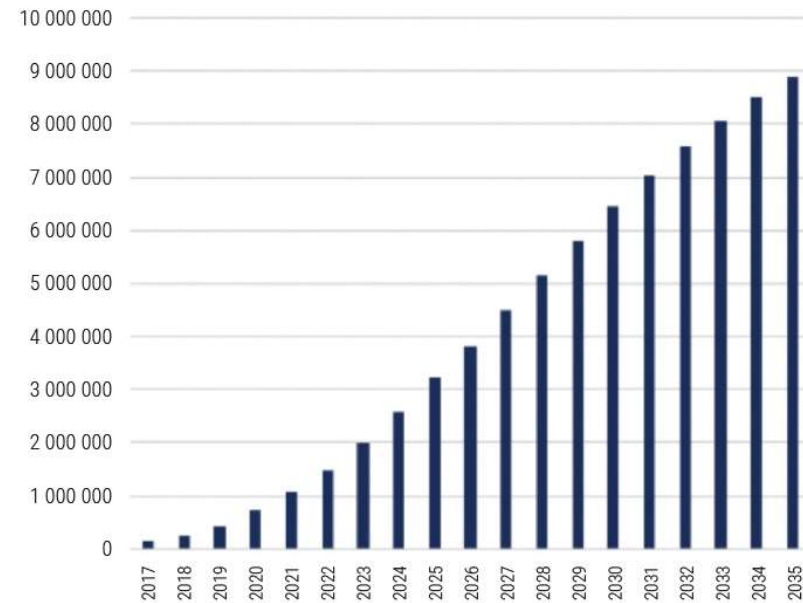
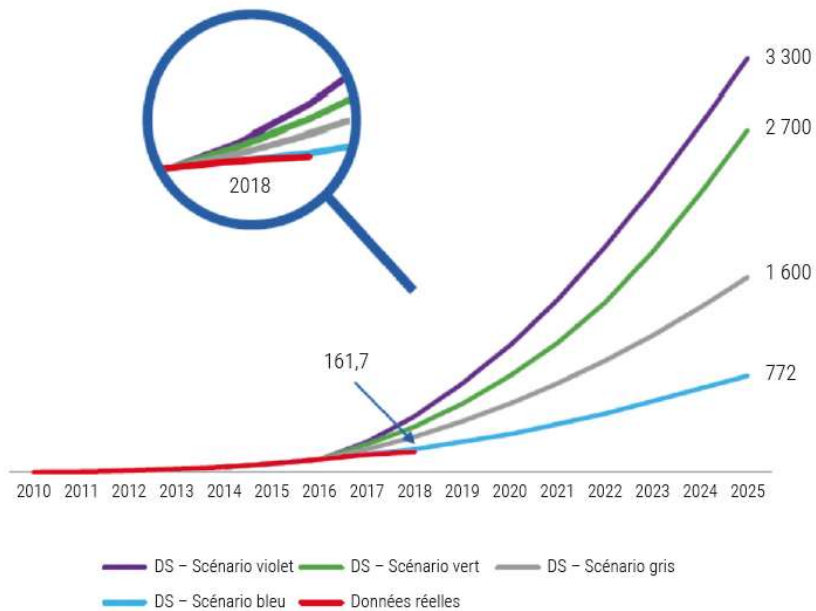
50 kWh au 100 km (véhicule qui consomme 5,3 litres/100 km )

10-15 kWh au 100 km pour un véhicule électrique

**Diminuer le nombre de véhicules de 30%** (multi-modalité, apparition des véhicules partagés, voire autonomes).

# Électrification parc auto en France (plan Climat)

**Figure 1** Projection du nombre de VE et VHR



Croissance nombre de véhicule électrique en France (milliers) (source Enedis)

Source : Enedis

## V. Impact combustibles 2030 (12 ans !)

**Pétrole : 15MTep, soit -40% (p.r. 2015)**

**Diminution :**

transport (- 40%),

chauffage du résidentiel et du tertiaire (- 50%)

consommation industrielle (- 20%)

**Maintien (statu quo) dans :**

- matières plastiques, textiles (nylon, polyester), huiles, solvants, cosmétiques, détergents, bitume (route), engrais, isolants

**Gaz : 12 Mtep, soit -15% (p.r. 2015)**

**Diminution :**

chauffage du résidentiel et tertiaire (- 50%)

consommation industrielle (- 20%)

**Accroissement :**

conversion en électricité (TGV) pour compenser partiellement la sortie du nucléaire et du charbon.

# Impact combustibles 2030 (suite)

**Charbon et nucléaire : -100%**

Sortie progressive totale

Mais à plus long terme (?):

captation CO2 (charbon) efficace et utilisable

génération IV (nucléaire) (accélérateur de particule – projet Myrrha)

Et/ou fusion (Iter)

**Renouvelable : +400% p.r. 2015**

Consommation industrielle (x3)  
(chaleur, biomasse et électricité),

Pénétration (20%) du transport  
en véhicule vers l'électricité

Autoconsommation en industrie,  
résidentiel et tertiaire (x 8)



## VI. Énergie consommée en 2030 = 32,4 Mtep

2015		2030		
	Mtep		Mtep	réduc. p.r. 2015
résid. et tertiaire	13,90	résid. et tertiaire	7,60	45%
industrie	20,50	industrie	16,60	19%
transport	10,40	transport	8,20	21%
<b>total</b>	<b>44,80</b>	<b>total</b>	<b>32,40</b>	<b>28%</b>

**-30% d'énergie** 

# Puissance et énergie 2030 (EnR pour électricité) (1 Mtep = 11,6 TWh)

	TWh (2015)	TWh (2030)	croiss. An. (13 ans)
<b>EnR pour électricité</b>	13,9	55,7	11%
solaire produit	2,90	10,00	10%
wind produit	5,20	38,70	17%
biomass, biogas	5,82	7,00	1%
	GW installés	GW installés	
puissance solaire	2,94	11	11%
puissance éolienne	2,64	11	12%
puissance biomasse	1,08	1,30	1%

## La demande en **électricité** en 2030

Pour 2030, la consommation d'énergie électrique globale en Belgique progresserait à peine (de 7,1 à 7,8 Mtep ou 90 TWh).

En 2030, il y aurait dans ce scénario 55,7 TWh de renouvelable pour l'électricité, partant (2015) de 13,9 TWh, soit 400% de plus.

# Ce qu'il faut installer d'ici 2030

- 1200 éoliennes de 8 MW → 11GW
- 50 km<sup>2</sup> de cellules PV → 11GW
- 4 GW de TGV
- Renforcer les interconnexions à 6 GW

*4 fois plus qu'aujourd'hui dans chaque technologie RES,  
en 13 ans, taux de croissance 12%*



**Coût estimé 2020  
aussi bien en éolien  
offshore qu'en PV :**

**2€/Watt installé  
60€/MWh**

# Ce qu'il ne faut pas oublier.....

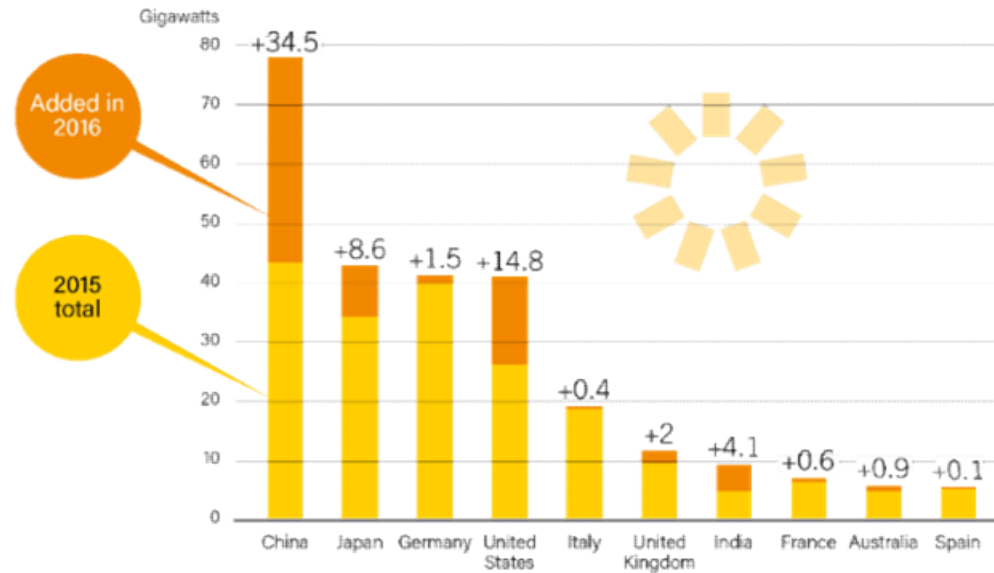
**Pacte social (Union, états, régions, villes et partenaires sociaux) pour la transition énergétique (Jacques Delors) :**

- **Assurer une transition juste pour tous**
- **Améliorer la santé publique de tous**
- **Démocratiser la transition énergétique**
- **Éradiquer la précarité énergétique**

# VII. Ce que l'on fait ailleurs

## VII.1 en PV...

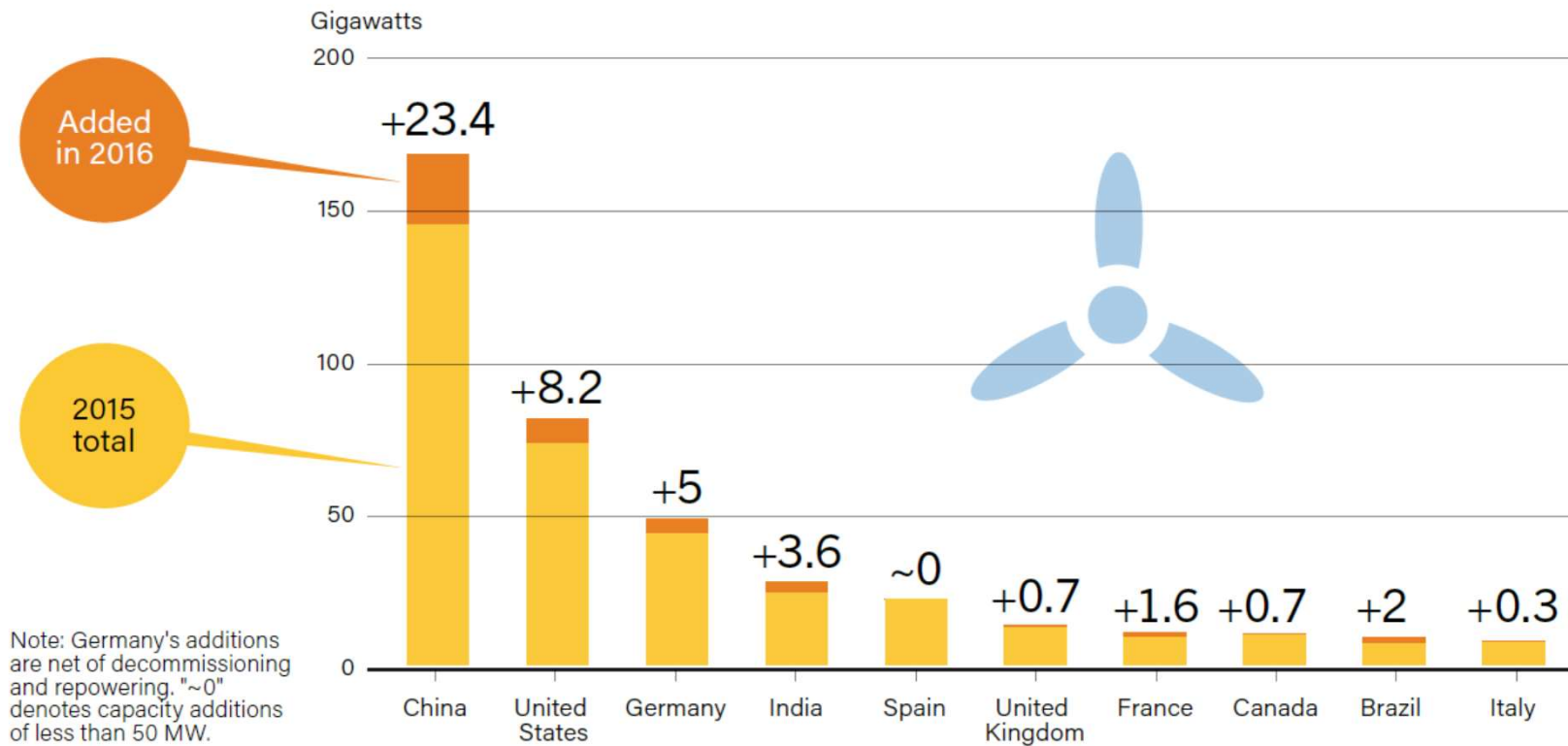
Solar PV Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2016



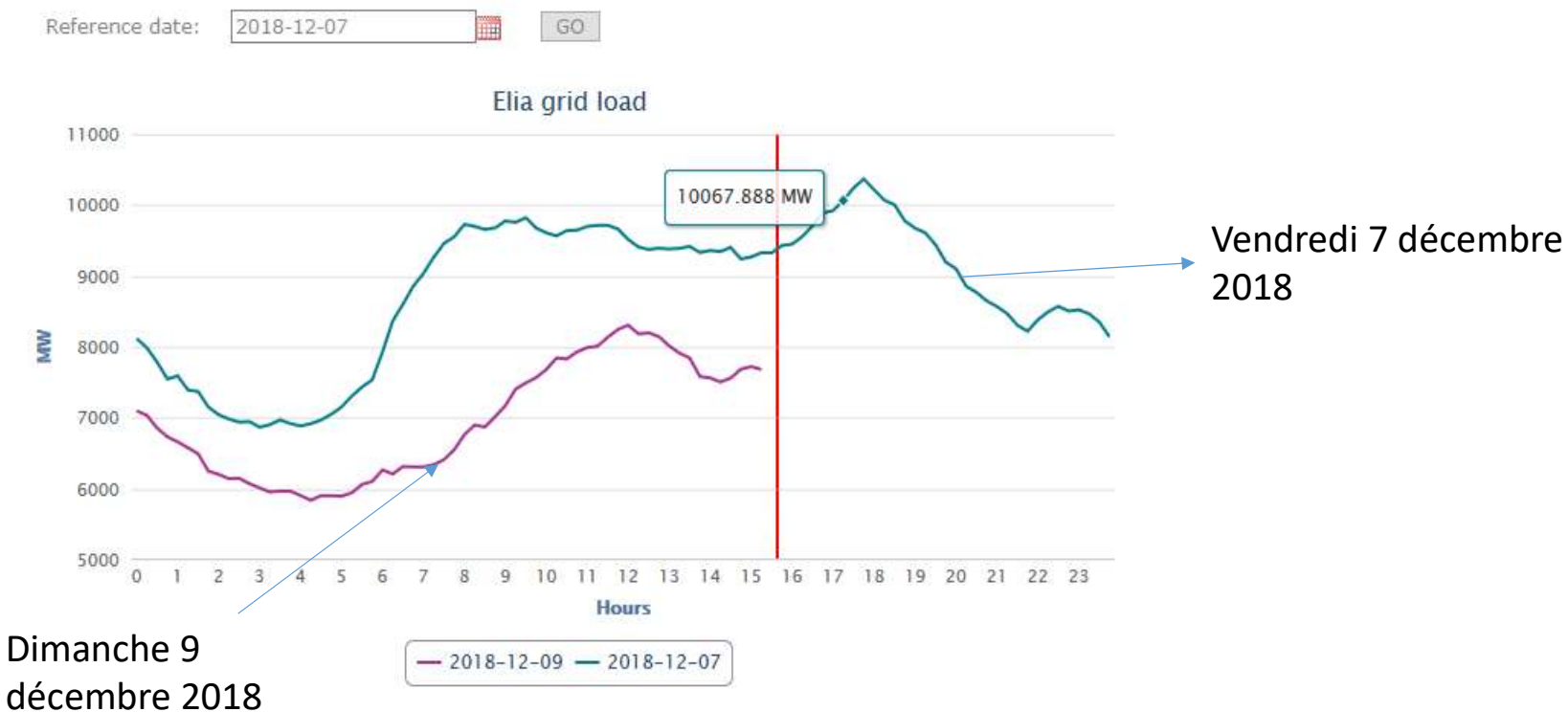
# Ce que l'on fait ailleurs

## VII.2 en éolien...

Wind Power Capacity and Additions, Top 10 Countries, 2016



# VIII. La gestion de la pointe (puissance) à énergie constante. Charge belge (24h) en décembre.





## VIII. La gestion de la pointe (puissance) à énergie constante

Hier (2015): **13 GW** (gaz, nucléaire, divers) (couvrir la pointe d'hiver)

Demain (2030) : **22 GW** (renouvelable) (génération spontanée possible)

Actions possibles :

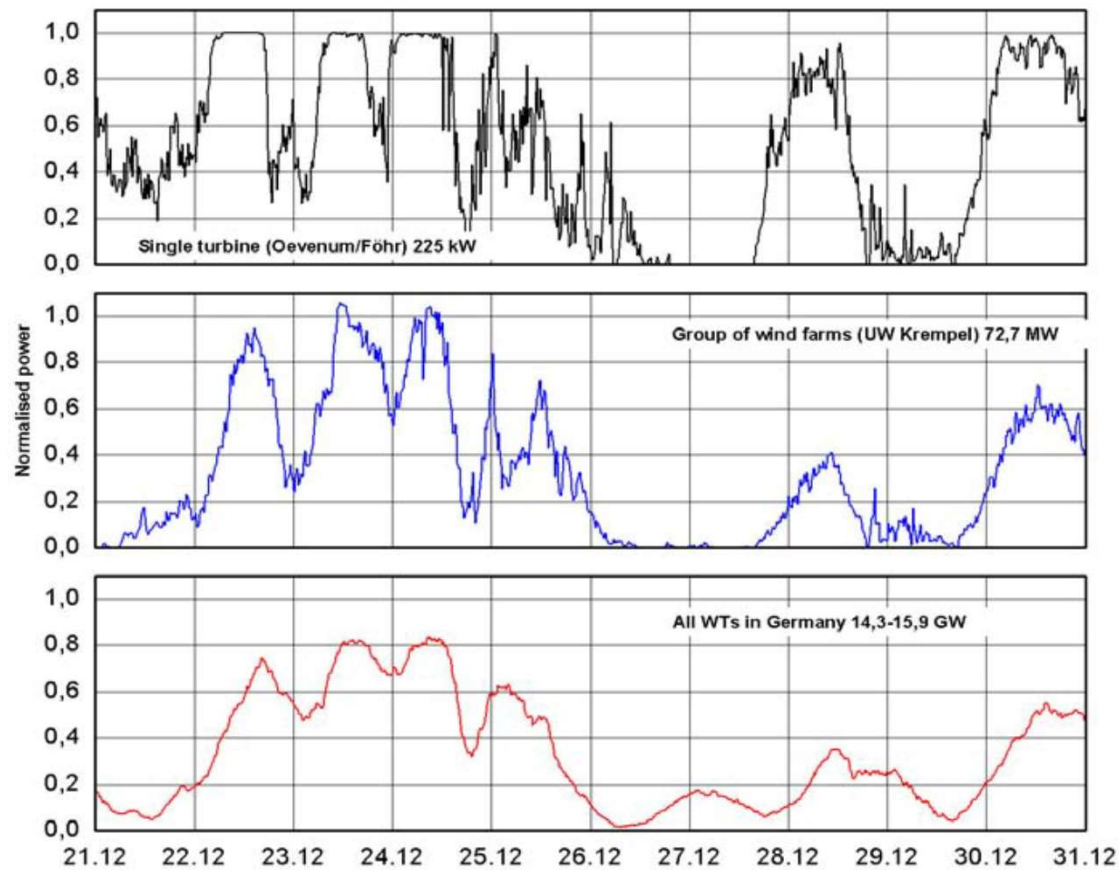
favoriser les recharges de véhicules à domicile, à l'entreprise

fournir de l'électricité à bon prix aux entreprises qui peuvent adapter leurs charges,

alimenter du stockage direct ou indirect,

en dernier recours, exporter voire annuler une partie de la production renouvelable.

# IX. La gestion de l'intermittence (suivi charge)



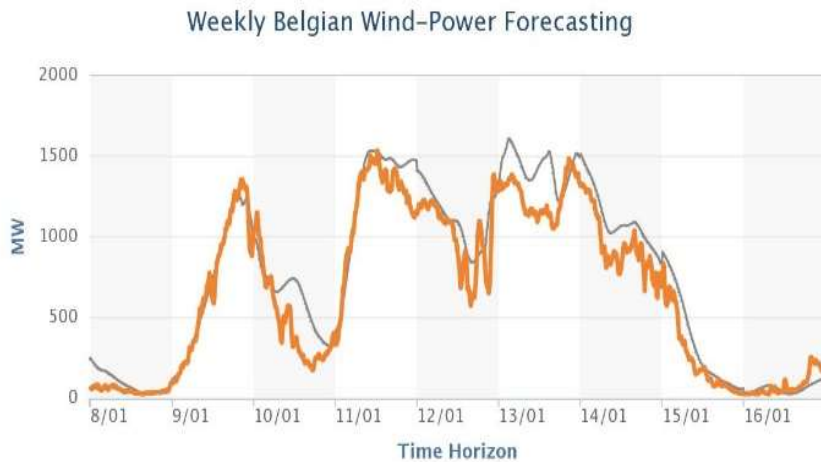
Evolution temporelle (10 jours en décembre 2004) normalisée de la production éolienne en Allemagne :

top : une seule éolienne de 225 kW,

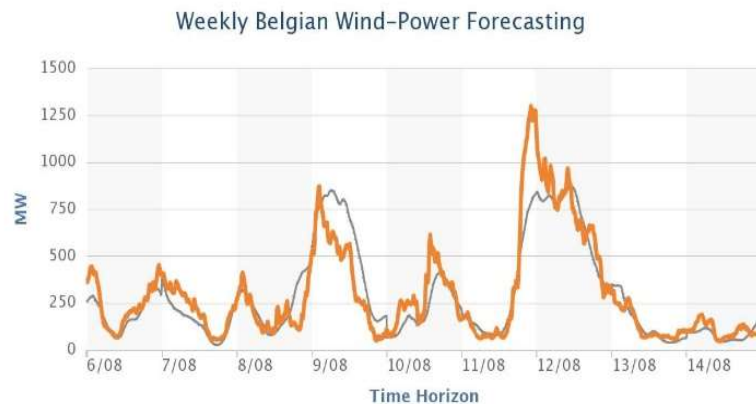
Middle : une ferme éolienne de 72,7 MW

Bottom : l'ensemble de l'Allemagne (16 GW en 2004).

# Intermittent MAIS prévisible ! (vent)



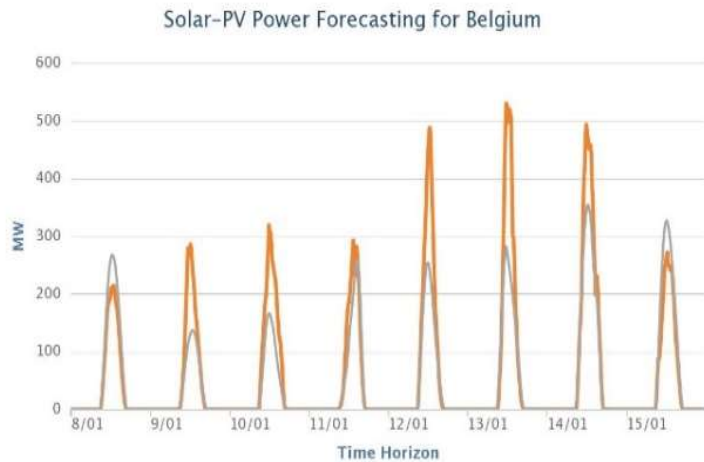
prévision *day ahead* (11 :00)  
(gris) et réalité (orange).  
Production éolienne (MW) en  
Belgique, une semaine en  
2017.



Agrégation on et offshore.

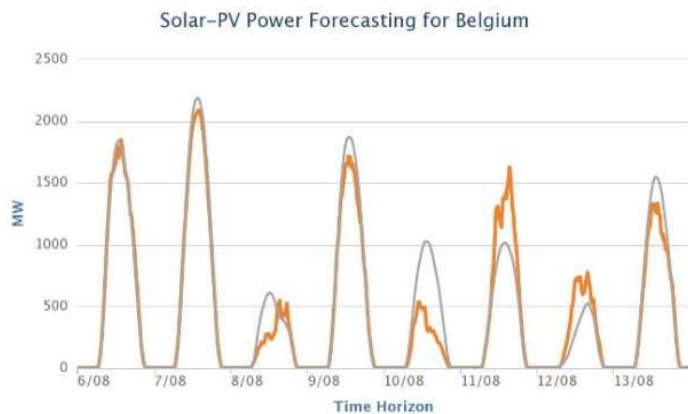
Puissance totale supervisée :  
Environ 3 GW(en 2017).

# Intermittent MAIS prévisible (soleil)



prévision *day ahead* (11 :00)  
(gris) et réalité (orange).

Production solaire (MW) en  
Belgique, une semaine en 2017.



Puissance totale supervisée :  
Environ 3 GW(en 2017).

## X. La gestion de l'étiage de EnR

Quatre jours d'étiage de vent  
demanderaient :

Demande à 12 GW  
cinq heures/jour = 300 GWh

unités de secours, stockage,  
importations ou autre.

# X. La gestion de l'étiage de EnR (suite): où trouver 300 GWh (Belgique) ?

Par ex :

TGV de secours (4GW), 10 h/jour (4 jours)	=	160 GWh
Importations (limitée à 4 GW) , 5 h/jour (4 jours)	=	80 GWh
Pompage (1GW), 5h/jour (on recharge en nuit)	=	20 GWh
Gestion de la charge (1 GW), 5 h/jour (4 jours)	=	20 GWh
Gestion du parc de véhicules électriques (0,4 GW)	=	20 GWh

Pour des périodes prolongées d'étiage du vent, stockage indirect par gaz (« Power-to-gas »), (l'hydrogène, gaz méthane de synthèse (méthanation))

# X. La gestion de l'étiage de EnR (suite)

Nécessité de collaborer entre pays européens.

A terme peut-être bien au-delà :

- « desertec » Afrique du Nord?  
(18000 TWh/an)
- éoliennes Groenland ?  
(centaines de GW, 70% facteur de charge)



## X. La gestion de l'étiage de EnR (suite)

Le stockage d'énergie reste problématique **en grande quantité sur de longues durées.**

On peut penser par ex :

- Stockage STEP\* dans fjords en Norvège et montagnes européennes (centrale pompage)
- Conversion gaz méthane de synthèse (hydrogène + CO<sub>2</sub> donne CH<sub>4</sub>) et utilisation infrastructures actuelles (9TWh)
- Favoriser micro-réseau ilotable, délestage ciblé

\* STEP = station de transfert d'énergie par pompage



# Smart Grid et micro-réseaux

Le **smart-grid** (réseau intelligent) : gestion intelligente des réseaux électriques.

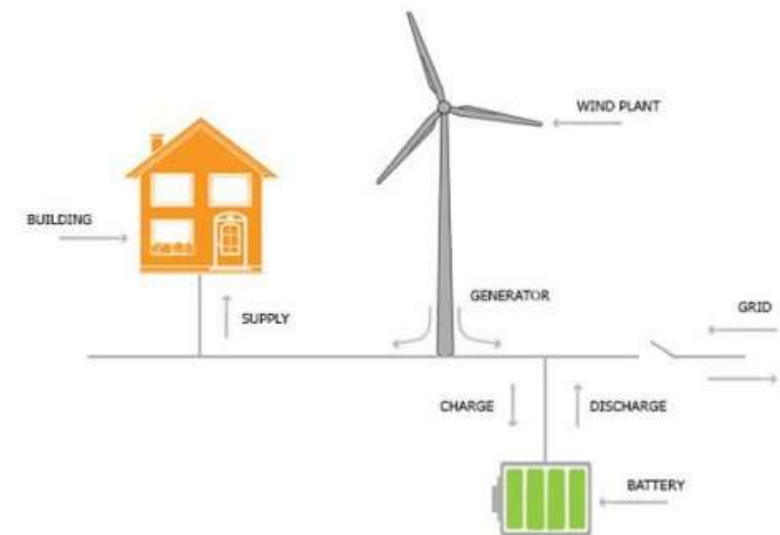
Ex : capteurs de mesure



Voir [www.Ampacimon.com](http://www.Ampacimon.com)

Les **micro-réseaux** : ensemble limité d'utilisateurs (favoriser la consommation locale).

Attention à la qualité (tension, équilibre des phases, etc..) et la continuité de la fourniture.



# XI. Les risques en cas d'immobilisme

Belgique dépendante d'importations majeures en électricité,

Temps de mise en œuvre de :

Centrales TGV, biomasse, nucléaire... : 5 ans,

Parcs éoliens on et off-shore : 3 à 5 ans,

Solaire résidentiel (et tertiaire) : rapidement (quelques mois).

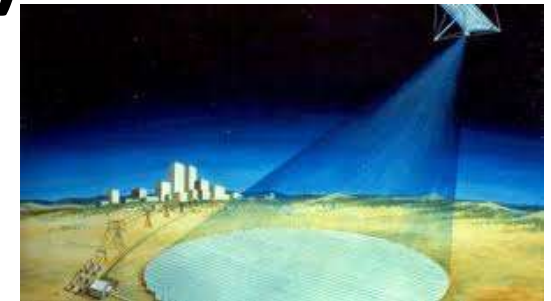
L'immobilisme (= incertitude) serait catastrophique :

pénurie, délestage, qualité dégradée = dramatique pour le milieu industriel

## XII. Autres solutions ? (les improbables)

### **Improbables à court terme (12 ans)**

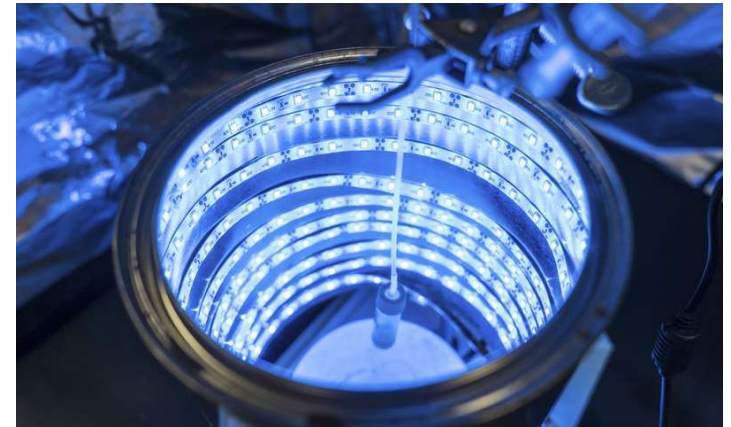
- Production d'énergie dans l'espace et rapatriement sur terre par faisceau laser ou  $\mu$ onde
- La fusion nucléaire et/ou la fission « propre ».
- Un autre mode de vie ?
- Un grid mondial



## XII. Autres solutions ? (les probables)

### **probables**

- PV rendement x 2 et/ou durée de vie plus longue,
- Absorption du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère,
- parcs éoliens au Groenland et les relier à un réseau mondial,
- Une/des autres découvertes.



## XIII. Conclusions (Belgique)

### **Politiques recommandées (gain énergie)**

- isolation renforcée des immeubles (gain 45%)
- industries : processus moins énergivores (gain 20%)
- véhicules électriques, hybrides et autonomes (privé, voitures de société, transport (public et marchandises). (gain 20%)

## XIII. Conclusions (Belgique)

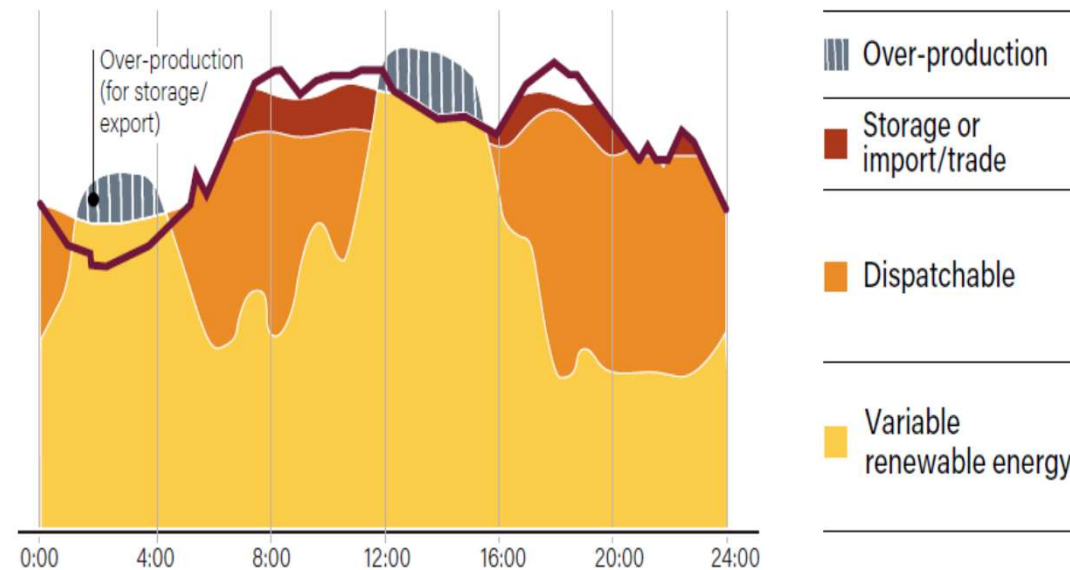
### **À faire d'ici 2030**

- installer 1200 éoliennes de 8 MW et 50 km<sup>2</sup> de panneaux PV.
- renforcer les liaisons électriques aux frontières (min. 6 GW)
- créer du stockage (niveau européen) direct et indirect
- Construire des centrales TGV (environ 4GW )
- Favoriser réseau intelligent, micro-réseau et autoconsommation

# XIII. Conclusions (Belgique)

## À faire d'ici 2050 : consumer-centric system

- Disparition d'une charge de base assumée par l'énergie fossile.
- La consommation suit la production et non l'inverse.
- Retour du nucléaire sûr, sans déchet par fusion ou fission? (Myrrha) ou x 5 en éolien et remplacement PV amélioré ou ?
- Économie circulaire afin d'épargner les matériaux.



## Gain en 2030 (Belgique) avec ce scénario

Il y aurait, dès 2030, une **diminution de 60% des GES** p.r. à 1990 (partim énergie).

Les **renouvelables seraient portés à 25%** de l'énergie consommée.

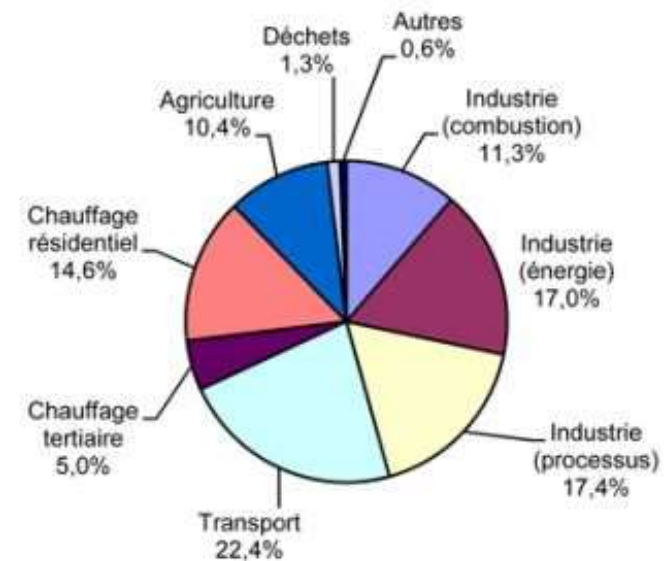
Notre **consommation d'énergie chuterait de 27%**.



## XIV. Remarque finale

Il reste le CO<sub>2</sub> (ou équivalent en gaz à effet de serre) produit par d'autres faits et qu'il faut diminuer :

- **Agriculture** : les animaux produisent du méthane (impact CO<sub>2</sub> évalué au niveau mondial à 15% du total des émissions) mais en bio (1vache/ha) le bilan devient positif (prairie)
- **Transports internationaux** : avions (3% émissions mondiales), grands paquebots et transport par tankers (4% des émissions mondiales), camions
- **Émission de méthane/CO<sub>2</sub>** (fonte permafrost, décomposition du bois, pertes sur site de production)
- **Autres gaz à effet de serre (SF<sub>6</sub>)** : contribution modeste mais à contrôler
- Les autres apports (éruption volcanique, ..) (2%)



CO<sub>2</sub> émis en  
Belgique en 2016

# Building Blocks (European Union strategy)

1. Energy efficiency
2. Deployments of renewables
3. Clean, safe & connected mobility
4. Competitive industry and circular economy
5. Infrastructure and inter-connections
6. Bio-economy and natural carbon sinks
7. Tackle remaining emissions with carbon capture and storage

# Annexes

Quelques chiffres....(réf ADEME, Bilan GES, 2017) sur **le cycle de vie complet**

- Voiture particulière essence : 259 g CO<sub>2</sub>éq/km
- Train Grande Vitesse : 3,69 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km
- Métro (Paris) : 5,70 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km
- Avion (voyageurs) - 180-250 sièges, trajet de 0-1000 km : 293 g CO<sub>2</sub>éq/passager.km

Repas - classique (avec boeuf) : 4,52 kg CO<sub>2</sub>éq/repas

Repas - classique (avec poulet) : 1,11 kg CO<sub>2</sub>éq/repas

Ordinateur avec écran plat : 1280 kg CO<sub>2</sub>éq/appareil

Ordinateur portable - de 14,1 pouces : 202 kg CO<sub>2</sub>éq/appareil

Agriculture et forêts :

5,2 t CO<sub>2</sub>éq./vache laitière et par an, Emissions liées à la fermentation entérique et à la gestion des déjections mais sans prendre la contrepartie apportée par la prairie bocagère. Si agriculture bio (1ha/vache, le bilan est inversé).

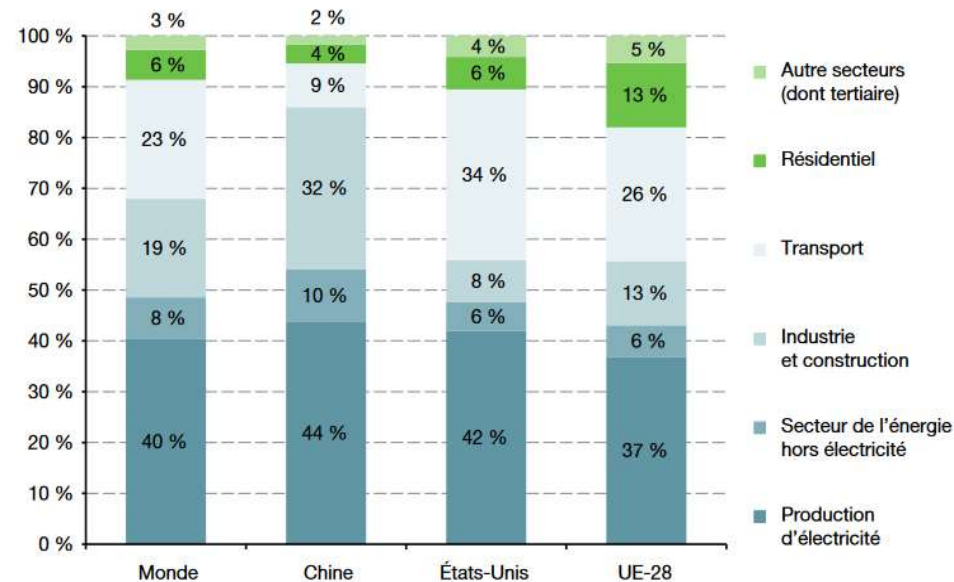
580 t CO<sub>2</sub>éq./ha de forêt tropicale déforestée

Production d'électricité :

0,36 t CO<sub>2</sub>/MWh pour une centrale à gaz

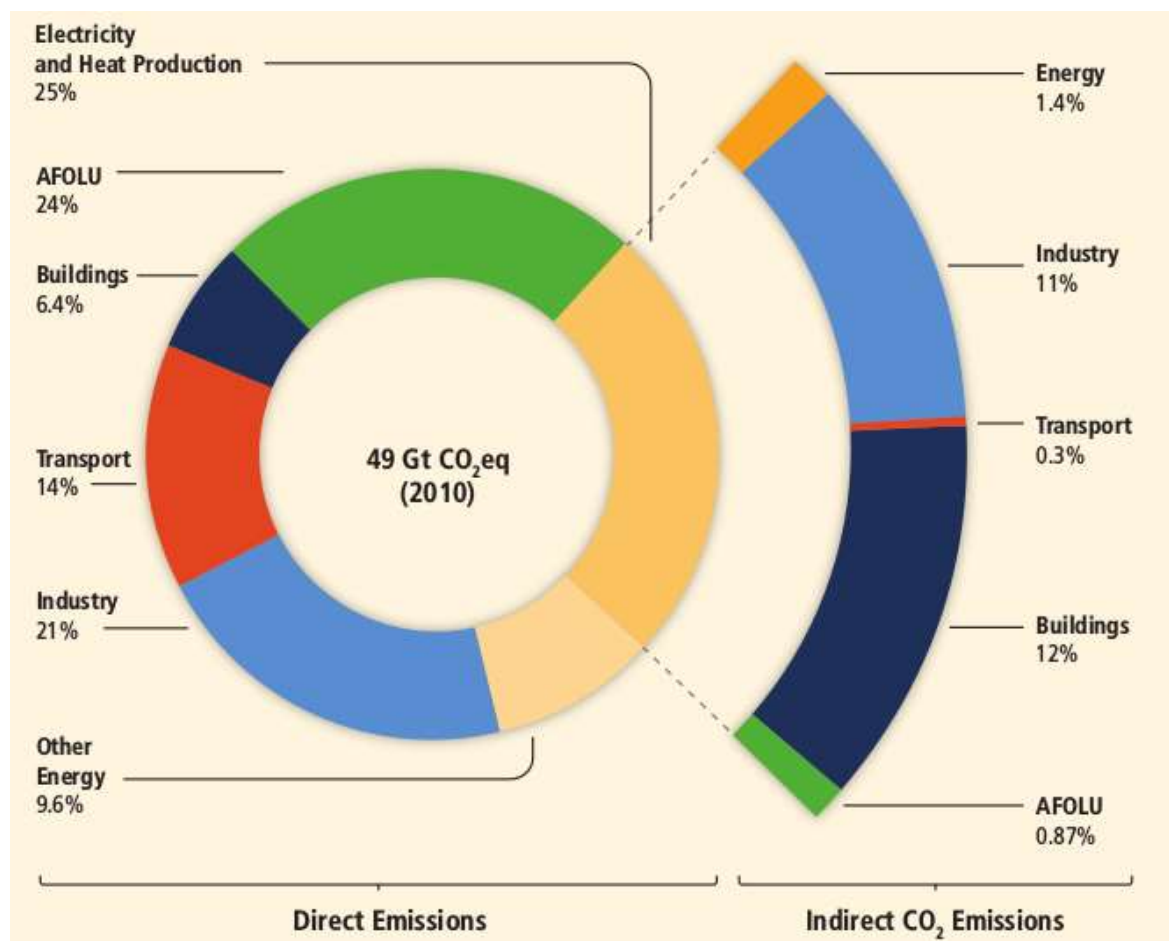
# Répartition sectorielle des émissions de CO<sub>2</sub> dans le monde dues à la combustion d'énergie

## ORIGINE DES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub> DUES À LA COMBUSTION D'ÉNERGIE PARMIS LES PRINCIPAUX ÉMETTEURS EN 2013



Source : AIE, 2015

# émissions totales de GES d'origine anthropique, en GT CO<sub>2</sub> éq par an et par secteur économique

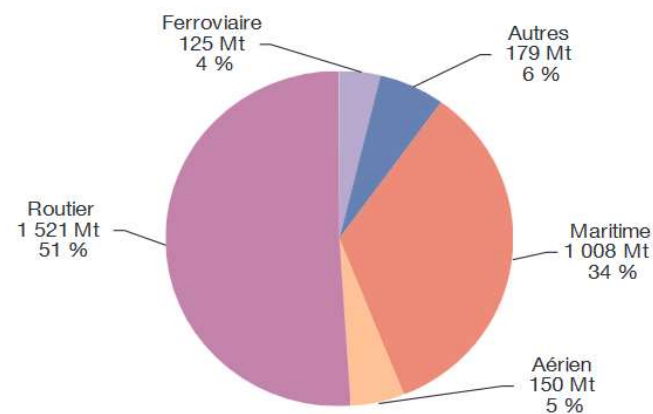


AFOLU : *Agriculture, forestry and other land use*. agriculture, élevage (50% fermentation entérique et gestion des déjections), exploitation forestière.  
L'industrie : industrie lourde (métallurgie, sidérurgie, pétrochimie...) et industrie manufacturière  
Les transports : aérien, maritime et terrestre (route et rail).  
Le bâtiment : inclut la construction, l'entretien et le chauffage  
L'énergie hors chauffage et électricité : ce secteur inclut les émissions liés à l'extraction des combustibles fossiles, le raffinage du pétrole, la production de charbon ou autres combustibles solides (biomasse).

# Emissions du transport de marchandises

## ▼ Émissions du transport de marchandises ventilées par mode

(en Mt de CO<sub>2</sub> et % des émissions du fret)



Source : CAS d'après les données 2005 du FIT, Transport and Energy:  
The Challenge of Climate Change, Leipzig, 2008. Routier : 243 gCO<sub>2</sub>/t-km ;  
Rail : 16 gCO<sub>2</sub>/t-km ; Maritime : 19 gCO<sub>2</sub>/t-km ; Aérien : 1 054 gCO<sub>2</sub>/t-km

Le livre blanc complet disponible gratuitement sur  
(publié sept 2017):

[https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/214029/4/livreblanc2\\_énergie.pdf](https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/214029/4/livreblanc2_énergie.pdf)

When there is vision, proper planning and a working mind and a will to execute and sound control, nothing is impossible.

Pour se mettre en marche il suffit d'avoir 5% de réponses à ses questions; les 95% restants viennent le long du chemin. Ceux qui veulent 100% de réponses avant de partir restent sur place. Mike Horn (aventurier)