



Cours de Sustainable Energy

Energies renouvelables en Belgique

Raoul NIHART

CEO de Luminus Solutions

mai 2025





Structure de la présentation

1. Présentation de Luminus
2. Les énergies renouvelables
 - ❑ Introduction
 - ❑ Description des filières
 - ❑ Mécanismes de soutien
3. La libéralisation du secteur
4. Analyse et conclusions



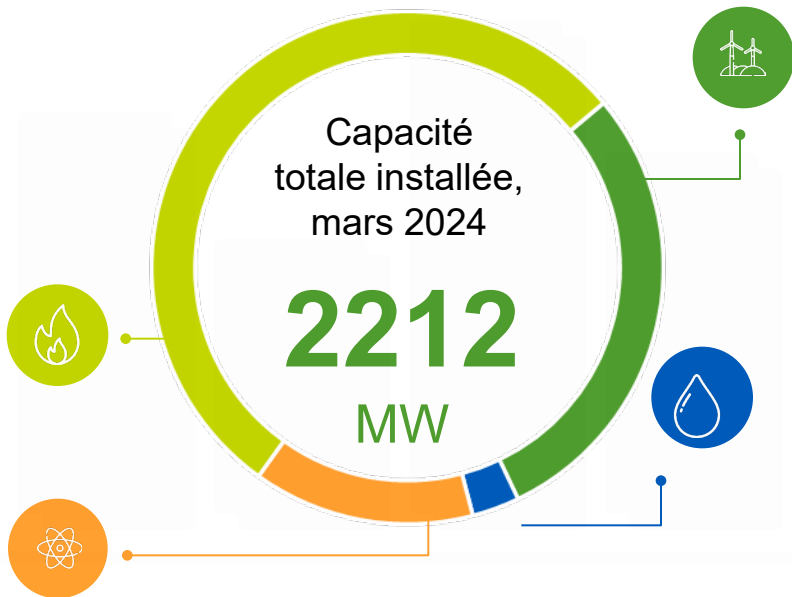
1. Présentation de Luminus


PRODUCTION d'ÉNERGIE

Un parc de production diversifié

THERMIQUE
1208 MW

NUCLÉAIRE
212 MW



 279 éoliennes
ÉOLIENNE
725 MW

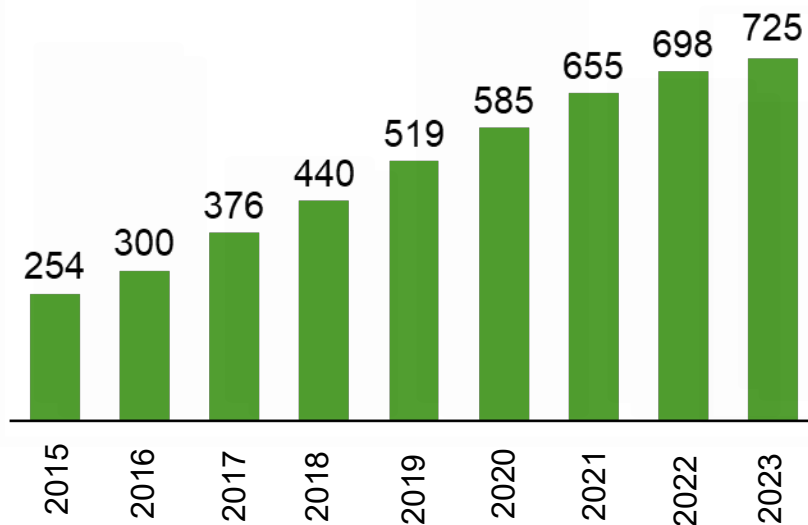
 HYDRAULIQUE
67 MW



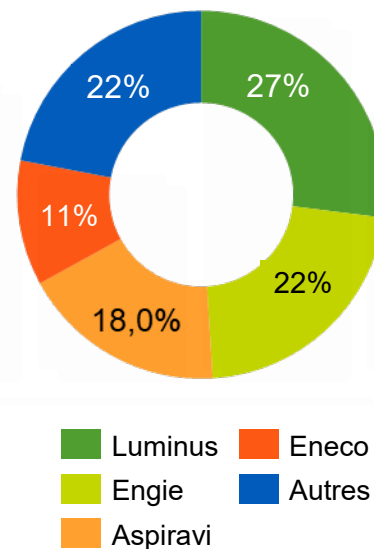
PRODUCTION d'ENERGIE

ZOOM : Position de Luminus sur le marché de l'éolien onshore

Capacité éolienne installée (MW)



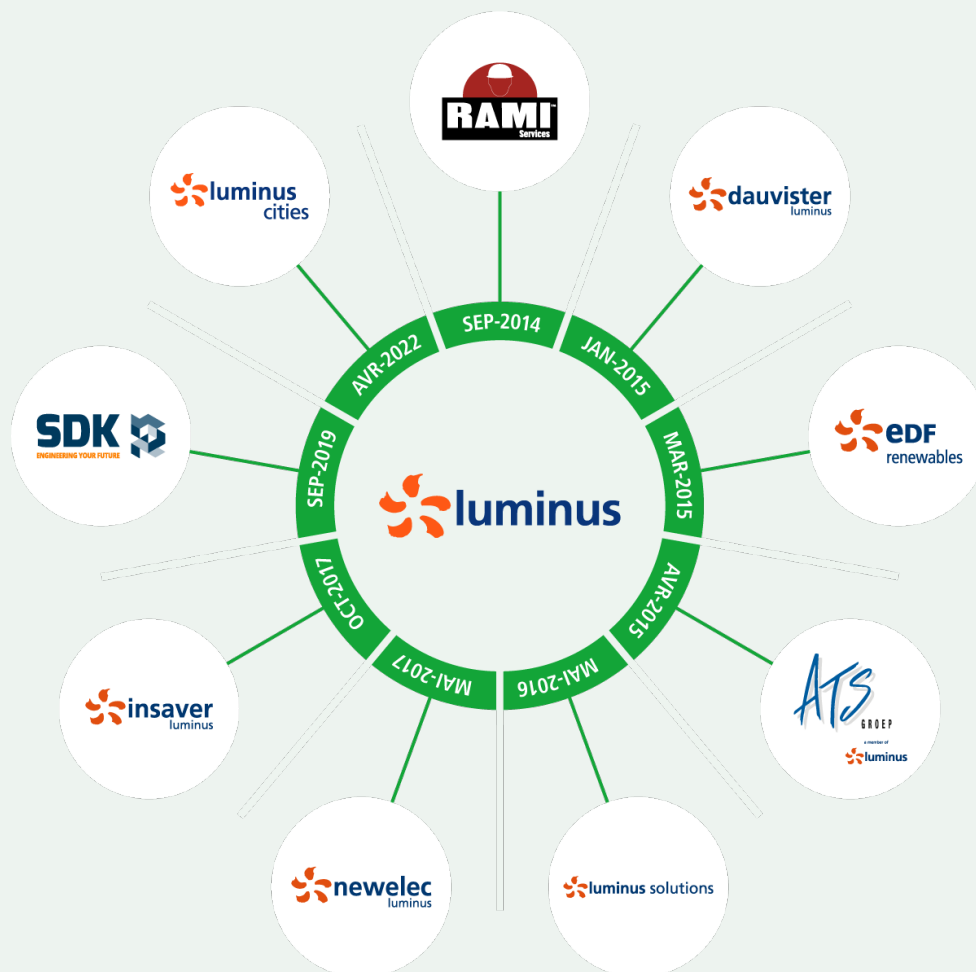
Parts de marché en
MW installés fin
2024



SERVICES
ÉNERGÉTIQUES

Le Groupe Luminus

Un acteur du service énergétique en Belgique



Quelques projets d'envergure - hors scope traditionnel -



ENERGIE RENOUVELABLE

Champs
photovoltaïques chez
les clients B2B



CONTRAT DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Rénovations énergétiques
des bâtiments publics avec
engagements de
performance.



LUWA

Rénovation de l'éclairage
sur 2 300 km de routes
wallonnes



2. Les énergies renouvelables

- ☐ **Introduction**
- ☐ Description des filières
- ☐ Mécanismes de soutien

Qu'est-ce que l'énergie renouvelable ?

« Une source d'énergie est dite renouvelable si le fait de l'utiliser ne limite pas son utilisation future »

- Notion « d'énergie de stock »
- Notion « d'énergie de flux »

Pourquoi les SER ?

(SER = Sources d'Énergie Renouvelable)

→ Motivations environnementales:

- Limiter les émissions atmosphériques (**effet de serre** et **qualité de l'air**)
- Réduire le transport des combustibles et les risques associés
- Éviter la gestion des déchets (nucléaires et autres)

→ Motivations économiques:

- Réduire la consommation de combustibles primaires
- Réduire les importations d'énergies primaires → limiter la dépendance énergétique de l'union européenne

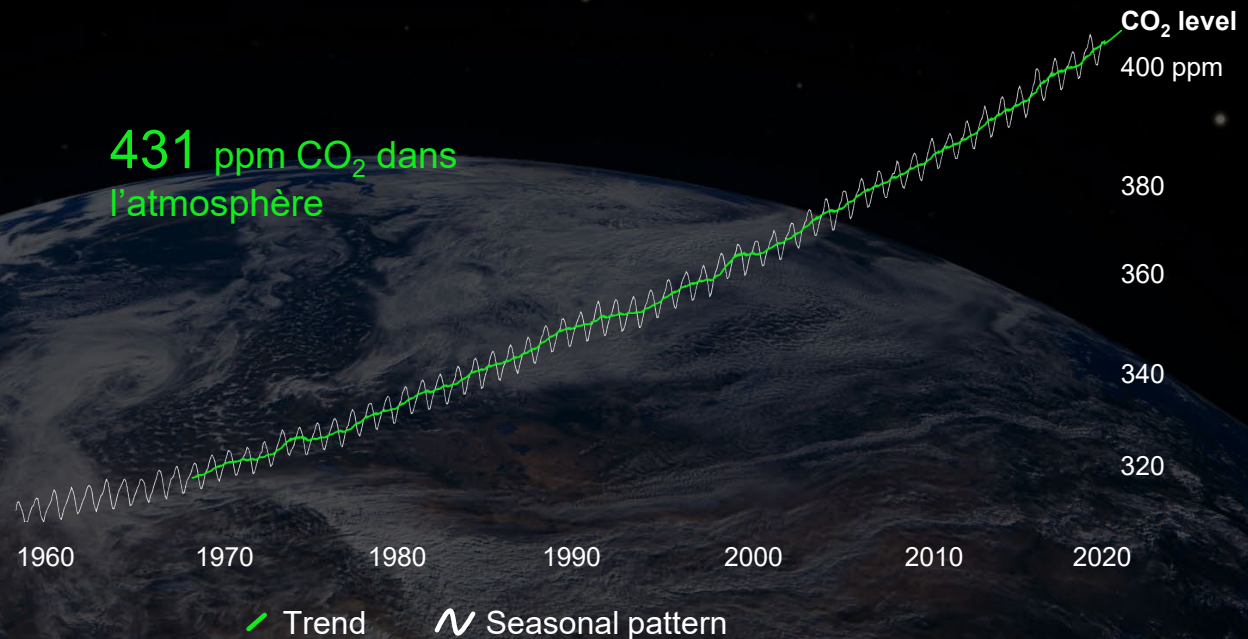
L'urgence climatique représente un défi majeur

**Bloomberg
Green**

L'horloge carbone

Les scientifiques mesurent l'augmentation du niveau de dioxyde de carbone dans l'atmosphère depuis les années 1950. L'horloge Bloomberg du carbone est une estimation en temps réel du niveau mensuel de CO₂

Source: NOAA



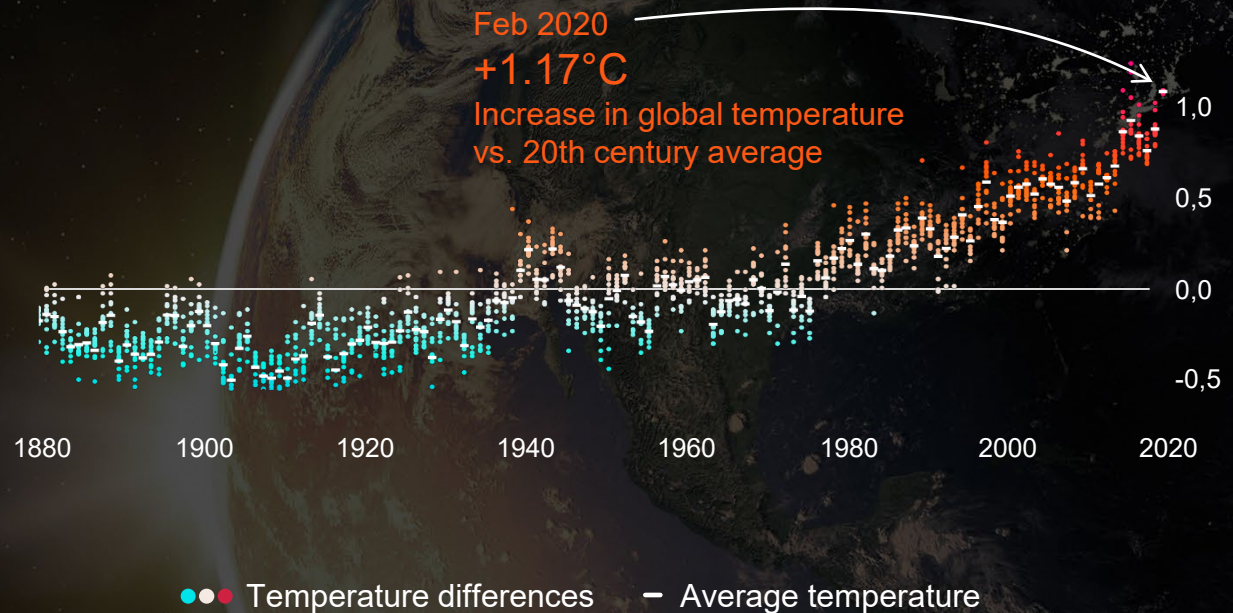
L'urgence climatique représente un défi majeur

**Bloomberg
Green**

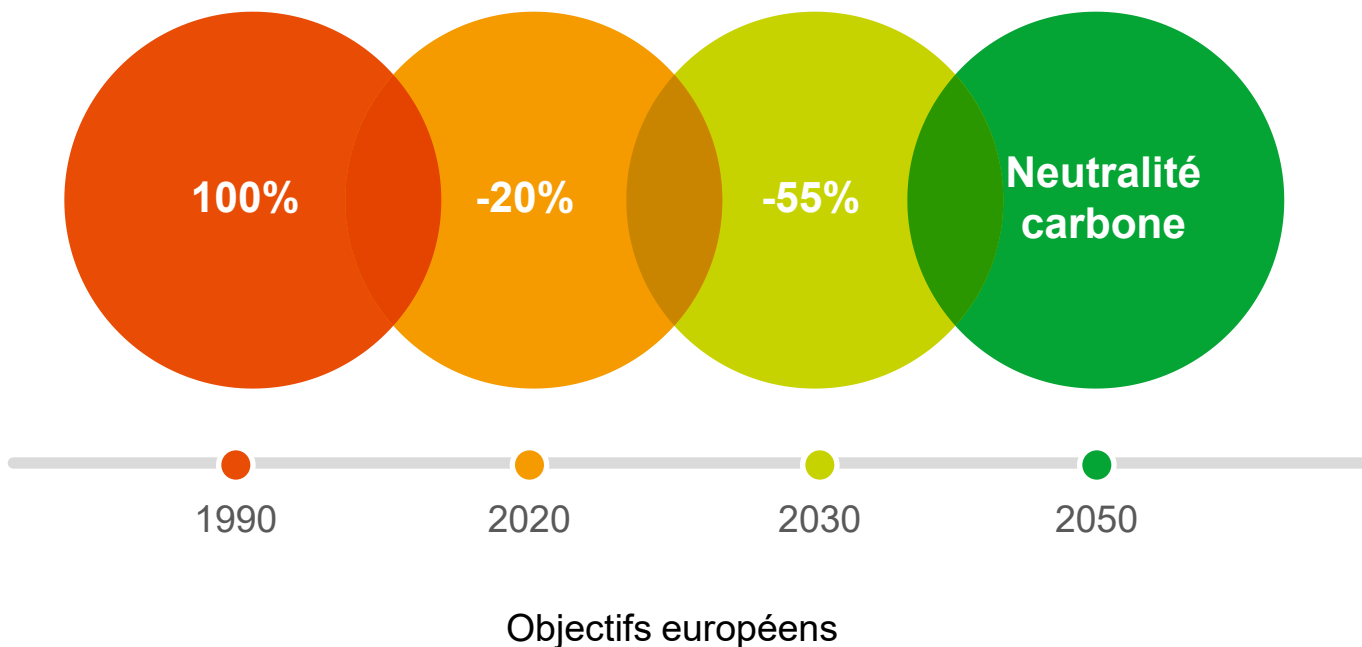
Global Temperature Change

L'année dernière a été la deuxième plus chaude jamais enregistrée. Les cinq années les plus chaudes ont toutes eu lieu depuis 2015.

Source: NOAA

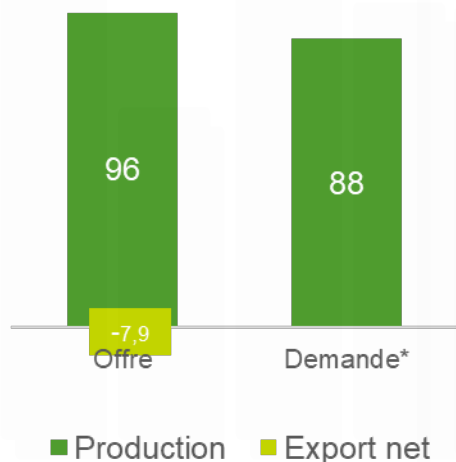


L'objectif européen : Tendre vers la neutralité carbone en 2050

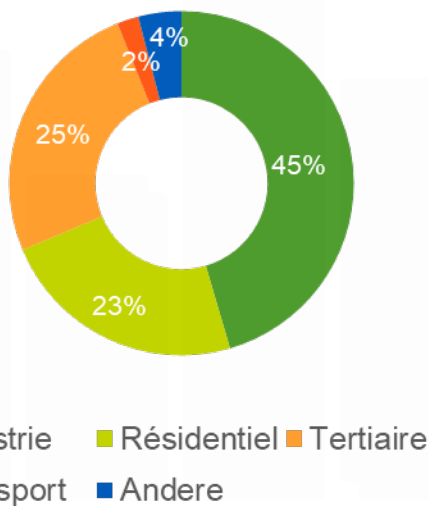


Part des énergies renouvelables en Belgique

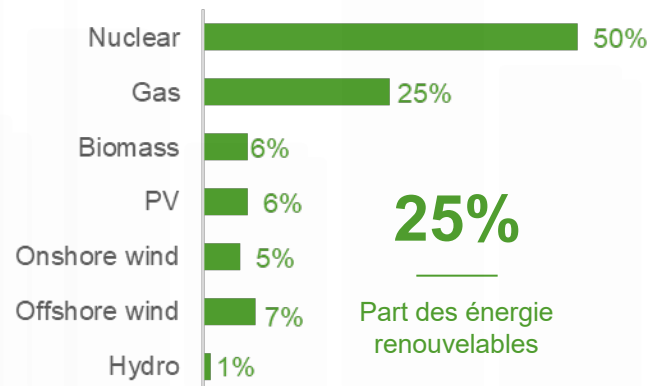
Production et demande d'électricité (en TWh)



Demande d'électricité



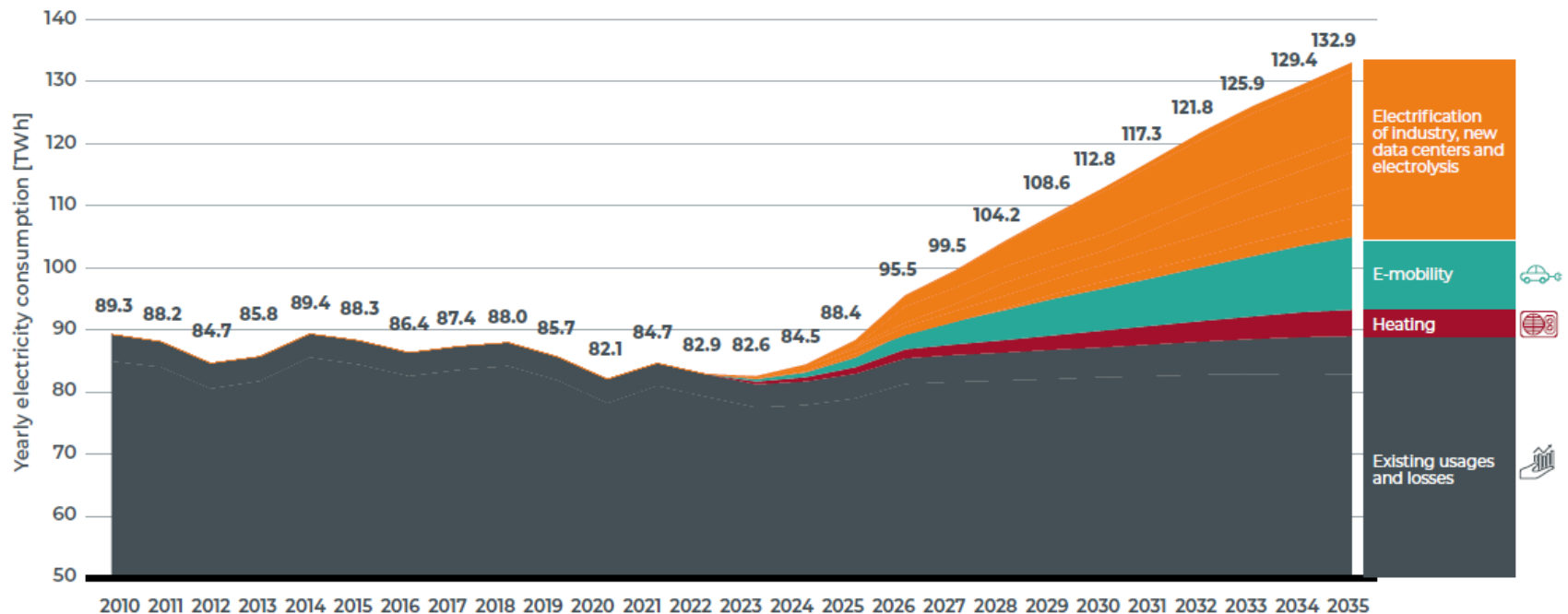
Mix de production



*Consommation finale + pertes réseaux

*Source: CREG, FEBEG, Synergrid

La demande d'électricité devrait augmenter considérablement au cours de la prochaine décennie



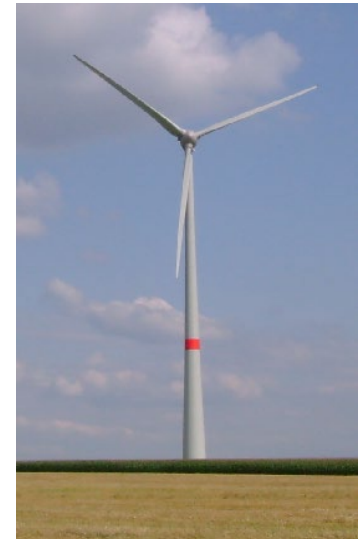
Elia Adequacy Study 2023

Electricité d'origine renouvelable:

4 filières



L'HYDROELECTRICITE



LES EOLIENNES



LE SOLAIRE

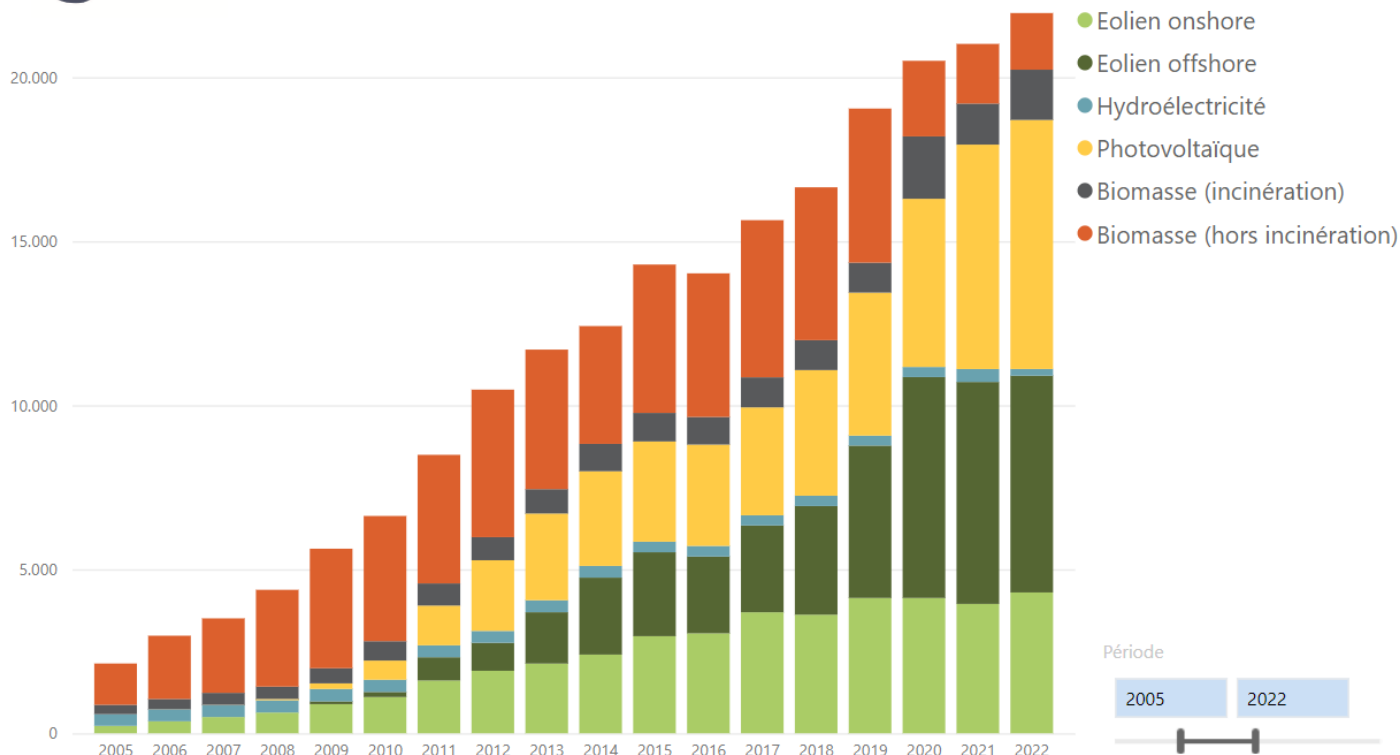


LA BIOMASSE

Evolution de la production d'énergie renouvelable en Belgique (GWh)

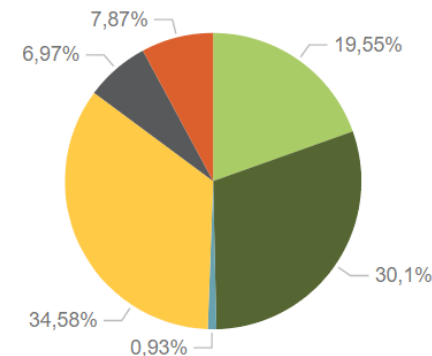


Evolution des productions par filière [GWh]



21.955 GWh

Répartition par filières





2. Les énergies renouvelables

- ☐ Evolution et objectif
- ☐ **Description des filières**
- ☐ Mécanismes de soutien

Les éoliennes

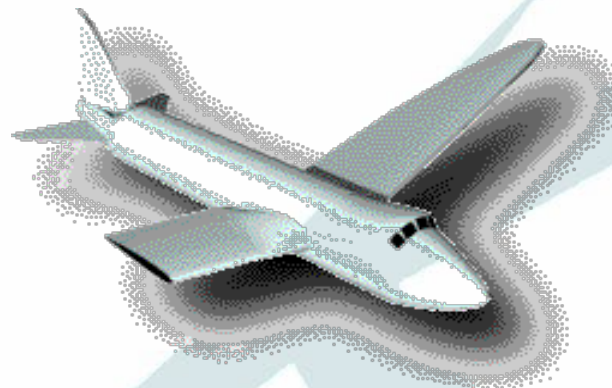
« Production d'électricité par conversion de l'énergie cinétique du vent ».



Machine tripale

**Filière principale :
éolienne tripale à axe
horizontal :**





© 1998 www.WINDPOWER.org



© 1998 www.WINDPOWER.dk



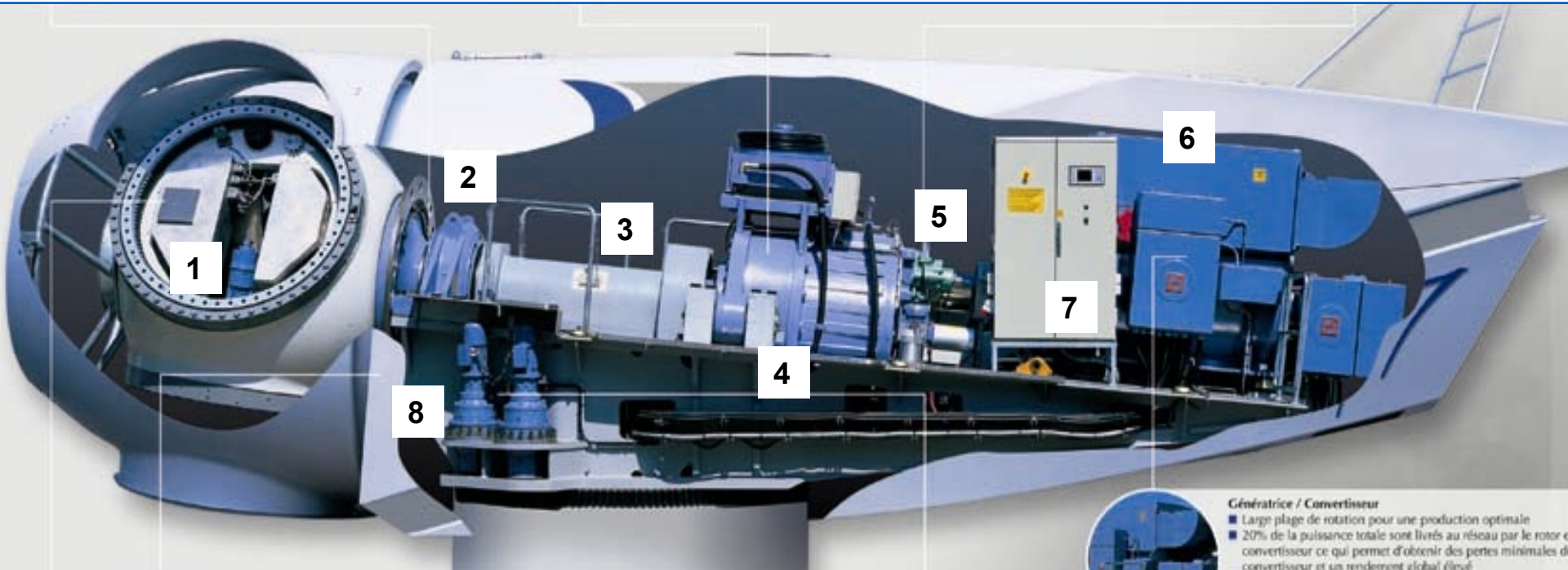
© 1998 www.WINDPOWER.dk

Types d'éoliennes ONSHORE

- ◆ Turbine éolienne tripale
- ◆ Puissance de la génératrice de 3,5 à 5 MWe
- ◆ Production annuelle par machine > 7 à 10 GWhe
- ◆ Hauteur de mât entre 80 et 150 m - Rayon du rotor entre 60 et 75 m
- ◆ Maturité technologique élevée
- ◆ Haute technologie à vitesse de rotation lente et variable



Principe de fonctionnement d'une éolienne avec multiplicateur (boîte de vitesse)



1. Calage variable des pales

2. Palier principal

3. Arbre lent

4. Multiplicateur

5. Frein à disque

6. Génératrice

7. Electronique de commande

8. Moteurs du Yaw

Principe de fonctionnement d'une éolienne à attaque directe





Luminus timelapse NRB



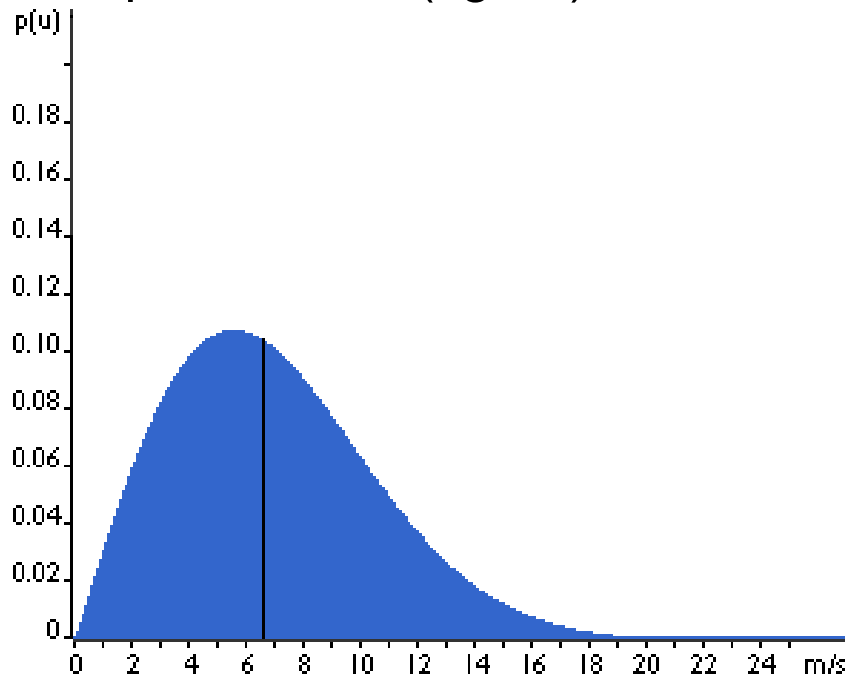
Delen



Le vent

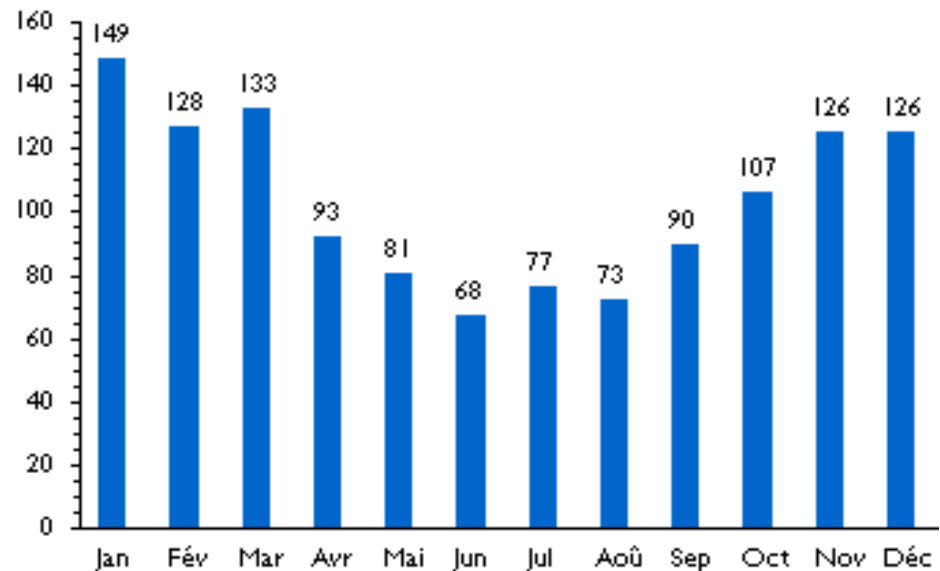
$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot S \cdot v^3$$

- P = puissance contenue dans le vent (W)
- v = vitesse du vent (m/s)
- S = surface traversée (m²)
- ρ = densité (kg/m³)



© 1998 www.WINDPOWER.org

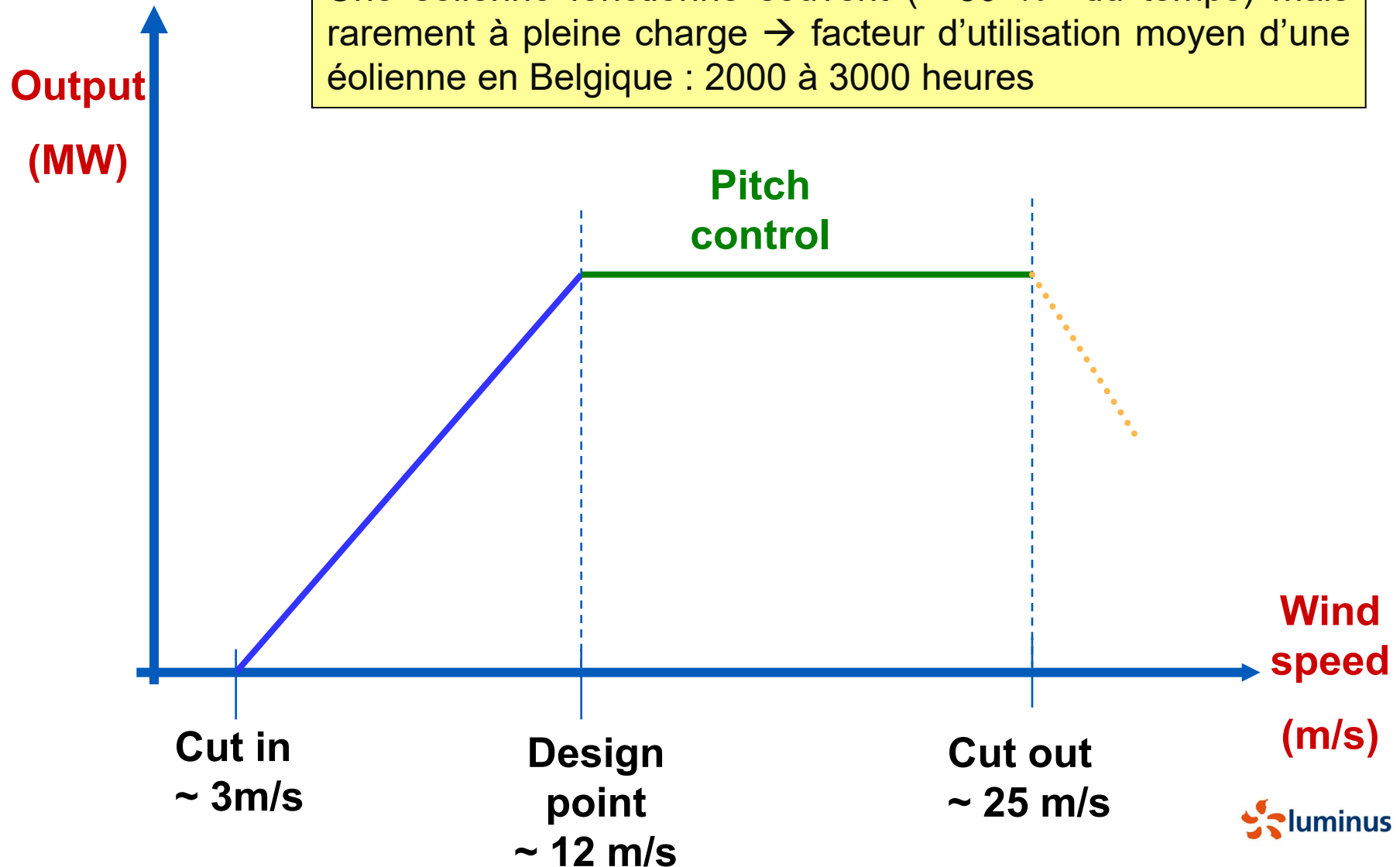
Indice d'énergie du vent, Danemark (moyenne = 100)



© 1998 www.WINDPOWER.org

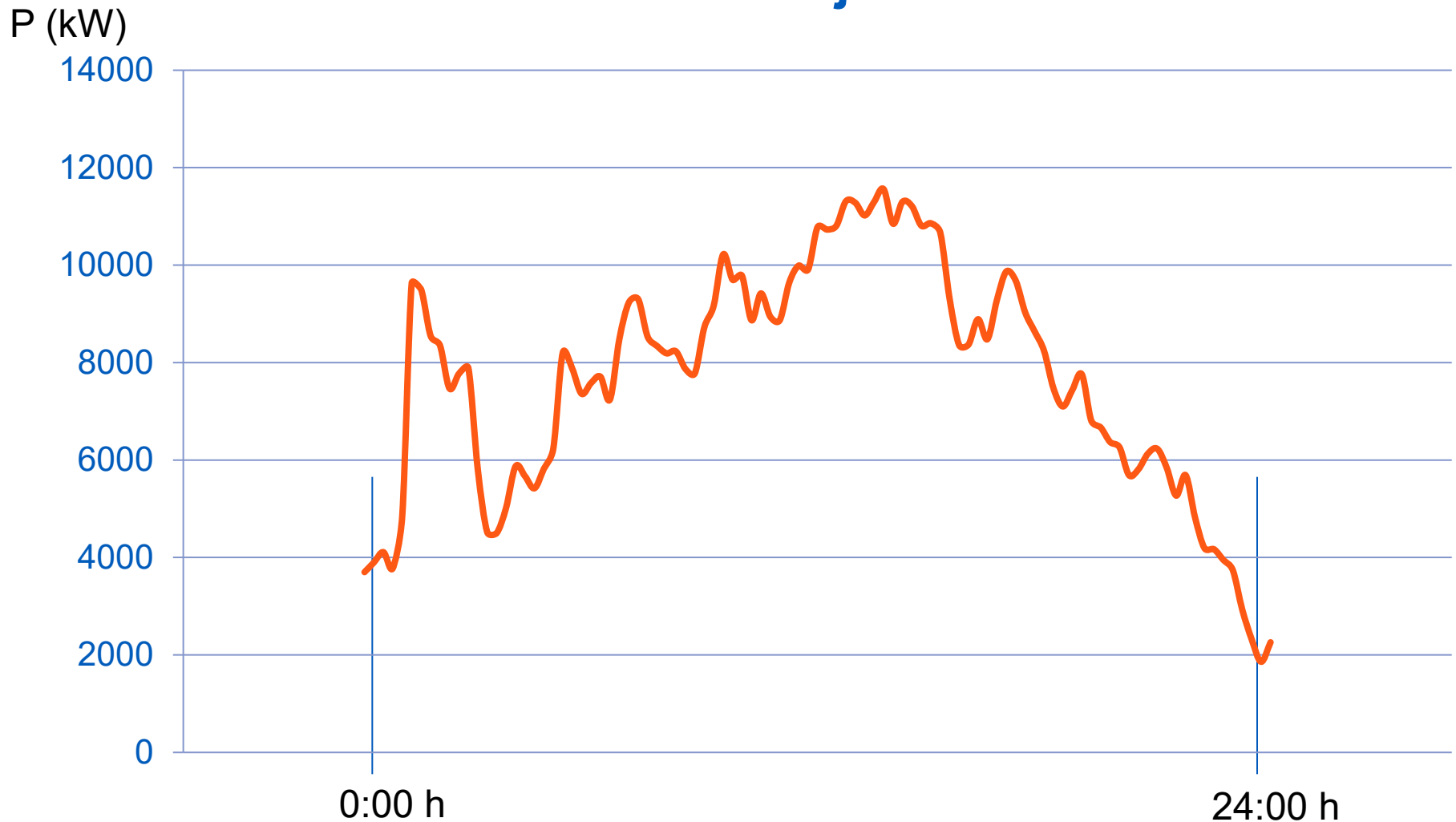
Courbe de puissance d'une éolienne

Une éolienne fonctionne souvent (~ 80 % du temps) mais rarement à pleine charge → facteur d'utilisation moyen d'une éolienne en Belgique : 2000 à 3000 heures



Intermittence de la production éolienne

Parc de Villers-Le-Bouillet – journée du 5 mars 2013



Positionnement géographique des parcs éoliens de Luminus



Le développement éolien en zones d'activité économique

Réduction de la facture et amélioration de l'empreinte CO₂ pour les clients industriels.



Projets Off-shore

DEVELOPED ZONE: 2262 MW

- A**
- 1 Seamade/Mermaid (2020)
 - 2 Northwester 2 (2020)
 - 3 Nobelwind (2017)
 - 4 Belwind (2010)
 - 5 Seamade/Seastar (2020)
 - 6 Northwind (2014)
 - 7 Rentel (2018)
 - 8 C-Power (2009)
 - 9 Norther (2019)
 - 10 Modulair Offshore Grid

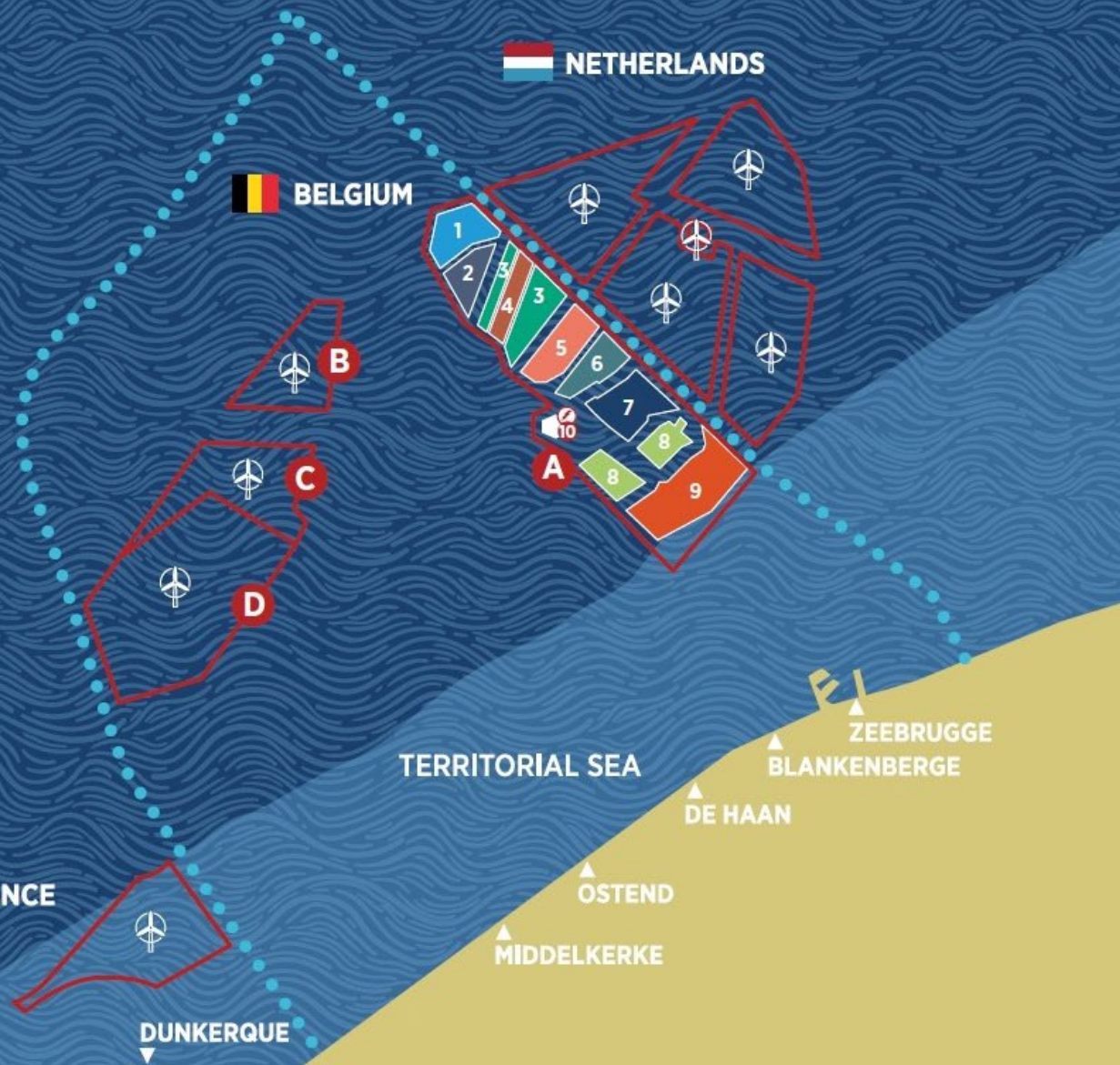
TO BE DEVELOPED ZONES

- B** NOORDHINDER NORTH
C NOORDHINDER SOUTH
D FAIRYBANK

 **FRANCE**

 **BELGIUM**

 **NETHERLANDS**



Points forts et points faibles de la filière éolienne

Points forts :

- Maturité technologique
- Potentiel élevé
- Coûts relativement bas pour une filière renouvelable
- Energy payback time ~ 1 an

Points faibles :

- Contraintes liées à l'aménagement du territoire
- Acceptation du public pas toujours facile
- Caractère fluctuant et peu prévisible de la production → gestion d'équilibre entre consommation et production difficile
- Saturation du réseau électrique par endroit → problèmes de congestion dans le réseau

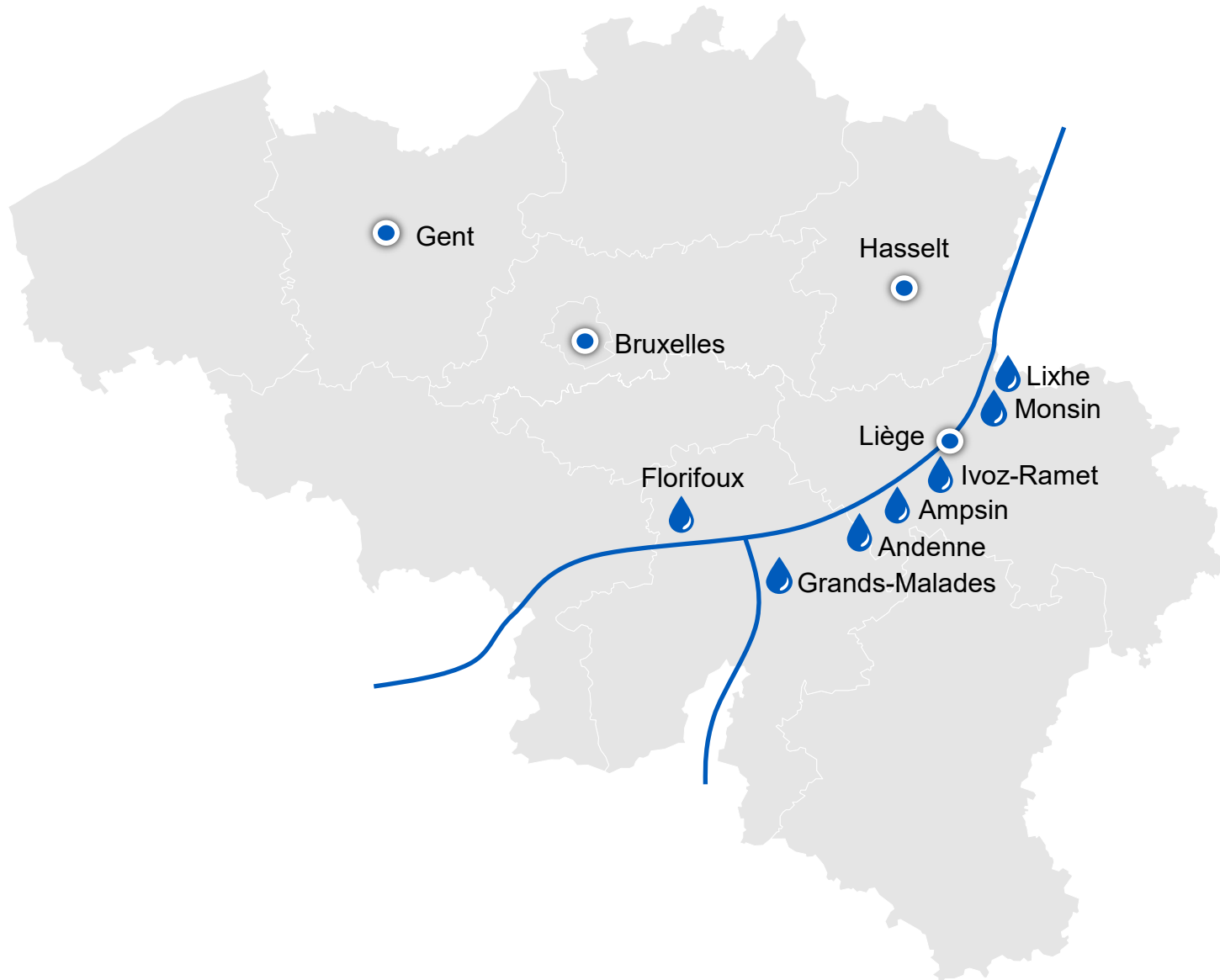
L'hydroélectricité

$$P = \eta \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

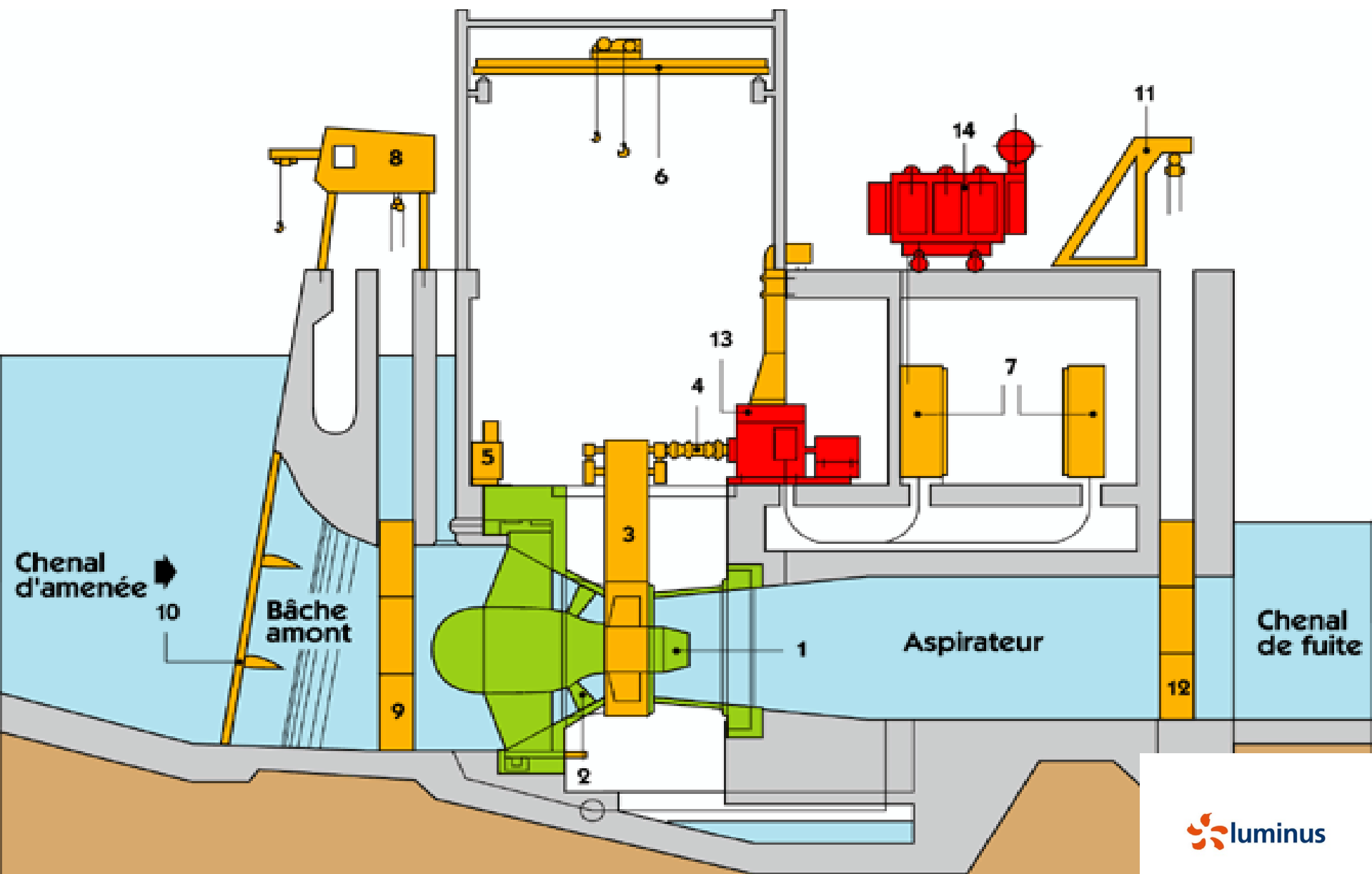
- P = puissance (W)
- Q = débit d'eau (m³/s)
- H = hauteur de chute (m)
- ρ = densité (kg/m³)
- g = accélération gravitationnelle : 9,81 m/s²
- η = rendement



Centrales hydrauliques de Luminus sur la Meuse



Fonctionnement – cas de la centrale de Grands-Malades



Points forts et points faibles de la filière hydroélectrique

Points forts :

Maturité technologique

Faible perturbation de l'environnement pour les unités au fil de l'eau

Intermittence faible. Facteur d'utilisation de l'ordre de 4000 h

Points faibles :

Potentiel restant faible en Belgique: ~ 10 MW

Coût élevé pour des nouvelles installations (basses chutes sur la Haute-Meuse)

Peu de possibilités de réglage de la production (au fil de l'eau)

Le solaire photovoltaïque



« Conversion directe du rayonnement solaire en électricité »



Qu'est-ce qu'un module photovoltaïque ?

- Un module photovoltaïque est une plaque qui exposée à la lumière la transforme en énergie électrique sous la forme de courant continu (V, I).
- Les cellules PV sont composées d'un **élément semi-conducteur**, généralement du silicium cristallin (mono, poly).
- Des éléments nouveaux sont en phase de développement ou de recherche. Ils reposent sur des technologies de dépôts de **couches minces**.
- Un module PV est caractérisé par sa puissance (Wc), sa tension (généralement 12V)
- Généralement, les rendements de conversion des modules photoélectriques vont de 6 à 20% (marché), mais il y a des exceptions (multicouches).



Définition de « Wc »

Watt crête = Puissance électrique du module photovoltaïque dans les conditions suivantes:

- Irradiation solaire de 1000 W/m^2
- T° de jonction de 25° C
- Position optimale

En d'autres termes, 1 Wc délivre une puissance électrique de 1 W quand il est soumis à un ensoleillement de 1000 W/m^2 .

Notion d'utilisation

L'utilisation (heures) = Nombre de kWh par kWc par an

Exemples:

- à Liège ~ 900 kWh/kWc/an (= $900 \text{ h/an} \sim 10\%$)
- à Faro au Portugal : ~ 1550 kWh/kWc/an

Intermittence de la production photovoltaïque

Clients B2B Luminus - 3 au 6 mars 2013

P (kW)

30000

25000

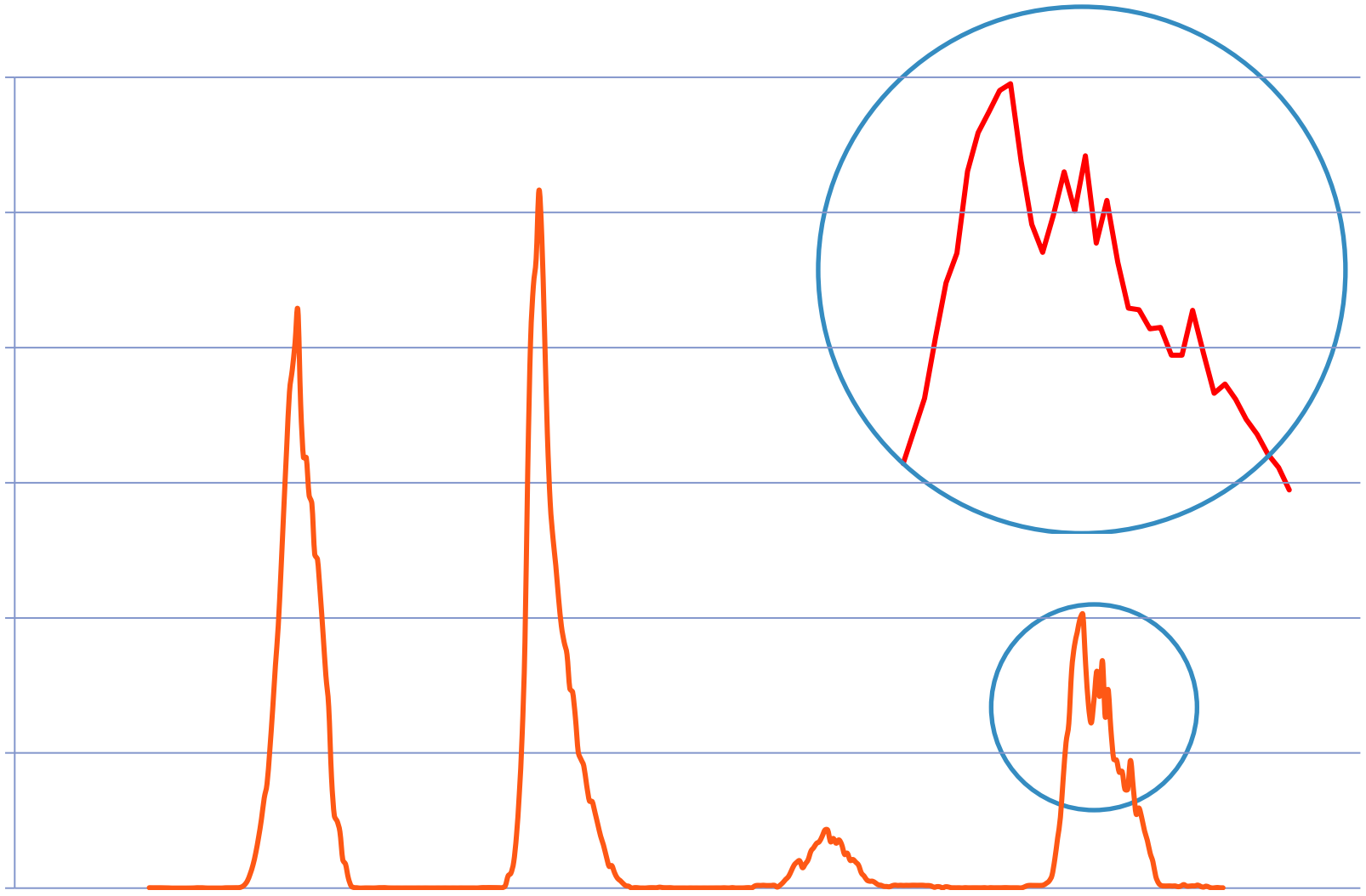
20000

15000

10000

5000

0



Points forts et points faibles de la filière photovoltaïque

Points forts :

- Simplicité de la technologie : peu d'entretien, peut être réalisé par du personnel peu qualifié
- Possibilité d'utiliser des superficies existantes (toitures, etc.)
- Possibilité d'installation au sein des zones d'habitats (pas de nuisance: bruit, émission, ombrage, etc.)

Points faibles :

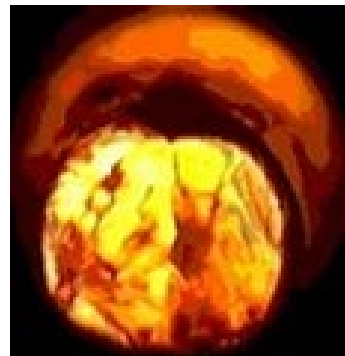
- Coût du kWh électrique toujours supérieur à celui d'autres filières renouvelable bien qu'en forte diminution
- Impact sur la tension du réseau → décrochage des onduleurs
- Intermittence de la production, production nulle la nuit et forte sur une courte période.
- Pas de contrôle sur la production mais prévision possible

La biomasse

« Conversion de la matière organique en électricité. »

« La biomasse n'est considérée comme renouvelable que lorsqu'elle se régénère dans les mêmes proportions qu'elle n'est utilisée »

- **Biomasse sèche**
- **Biomasse humide**



La voie sèche

Elle est principalement constituée par la filière thermochimique, qui regroupe les technologies de la combustion, de la gazéification et de la pyrolyse.

1. Combustion : moyen le plus courant : application à la co-combustion.
2. Gazéification : permet l'utilisation d'un combustible gazeux.
3. Pyrolyse.

La voie humide

Conversion des déchets organiques en biogaz qui peut ensuite être utilisé comme combustible de moteur.

1. Cas des gaz de décharge

L'enfouissement des déchets organiques conduit à une décomposition anaérobique (sans oxygène) de ceux-ci générant ainsi du biogaz (~ 50 % méthane).

2. Cas des unités de biométhanisation artificielle

- industrielle
- agricole

Points forts et points faibles de la filière biomasse

Points forts :

- Potentiel théorique important
- Production énergétique stable et prévisible pour la plupart des filières (Pas de problème d'intermittence et contrôle de la production)

Points faibles :

- Manque de maturité technologique pour plusieurs filières
- Emissions atmosphériques (poussières, NOx, SOx, ...)
- Importation massive → faible contribution à l'indépendance énergétique de l'Europe
- Acceptation du public pas toujours facile pour certaines filières
- Caractère seulement partiellement renouvelable (collecte, transport, séchage et préparation de la biomasse)
- Efficacité au m² utile très faible: < PV et << Wind
- Compétition du m² agricole avec d'autres usages (alimentaire, etc.)

4. Mécanismes de soutien aux SER



Mécanismes de soutien

- La production électrique au départ d'énergies renouvelables coute plus cher que la production au départ de centrales classiques
- Plusieurs mécanismes de soutien aux énergies renouvelables ont été mis en place (certificats verts, etc.) pour compenser le différentiel ;
- Ils ont régulièrement été adaptés pour suivre l'évolution du marché et des coûts de production.
- Les changements ont induit pas mal d'incertitudes pour les investisseurs.
- Mais le résultat est tout de même très positif, avec une forte croissance des énergies renouvelables au cours des 25 dernières années.

Evolution du secteur : 2 transformations simultanées



**Croissance des énergies
renouvelables**



Libéralisation

4. Libéralisation du secteur



Libéralisation : les objectifs de l'Europe

- ▶ Mettre fin aux situations de monopoles ou quasi-monopoles existantes dans les états membres
 - En Belgique : CPTE qui regroupait Electrabel et SPE
- ▶ Créer une concurrence entre les acteurs pour :
 - Attirer de nouveaux acteurs de marché
 - Engendrer une baisse des prix pour le consommateur
 - Augmentation de la qualité de service

A QUOI
RESSEMBLE AU
FINAL LE
PAYSAGE
ÉNERGÉTIQUE
BELGE
AUJOURD'HUI ?



Un marché organisé entre activités libéralisées et régulées

- Libéralisation des activités de production et de fourniture
- Monopole régulé pour le transport et distribution



Et en plus, 4 régulateurs différents à l'échelle de la Belgique.



Libéralisation : Les conséquences

◆ Une séparation des rôles:

- Production (libéralisé)
- Transport (régulé)
- Distribution (régulé)
- Fourniture (libéralisé)
- Remplacement du comité de contrôle par 4 régulateurs

➔ Divergence des intérêts entre les métiers !

◆ Multiplication des acteurs

- Acteurs de marchés (fournisseurs, producteurs, traders, ...)
- Compétition à tous les niveaux
- Apparition du marketing énergétique

◆ Gestion d'équilibre individuelle (ARP)

◆ Réduction des marges, mais accroissement des coûts !

Analyse et conclusions

Les points positifs

- L'éolien et le photovoltaïque se sont développés massivement en seulement quelques années
- Les économies en matière de ressources primaires (combustibles fossiles) sont importantes ;
- Les émissions évitées de CO₂ (et autres émissions atmosphériques) sont importantes également ;

Les points à améliorer

- Problèmes de congestion dans certaines parties du réseau électrique
- Difficulté de réaliser l'équilibre entre production et consommation quand les centrales modulantes (gaz) ne fonctionnent pas. Il y a, en outre, aujourd'hui souvent trop d'énergie électrique par rapport à la consommation.
- Augmentation des coûts pour le client final, liée davantage à la libéralisation du secteur qu'au développement des énergies renouvelables.



QUESTIONS & RÉPONSES

