

# LU3EE104 : Réseaux électriques et Electronique de puissance

---

## RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

*Ouvrage de référence :*

*Electrotechnique et énergie électrique, 2<sup>e</sup> édition - Luc Lasne*

*Editions Dunod - ISBN 978-2-10-059892-2*

*Chapitre 17*

# Réseau électrique :

## Production



## Transport & distribution



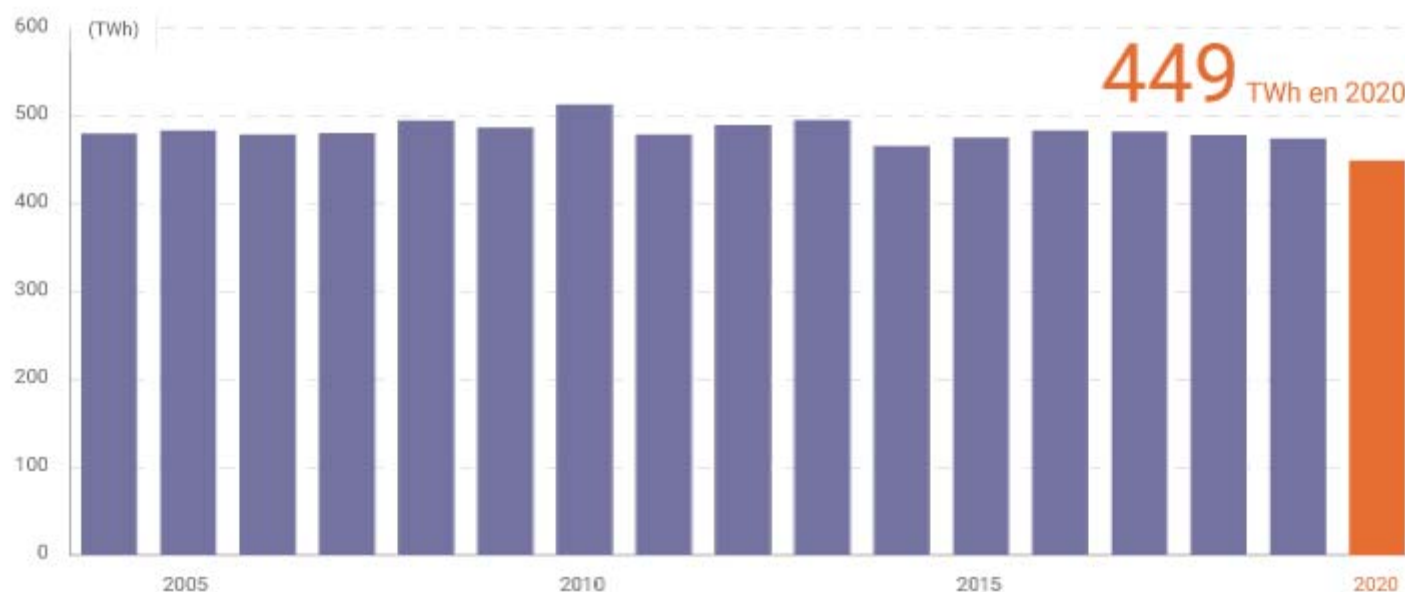
- 44% de l'énergie consommée en France est électrique
- Evolution des sources et des usages
- **Besoin de contrôler les flux d'énergie**

## Consommation



# France métropolitaine : évolution de la consommation brute d'électricité

---

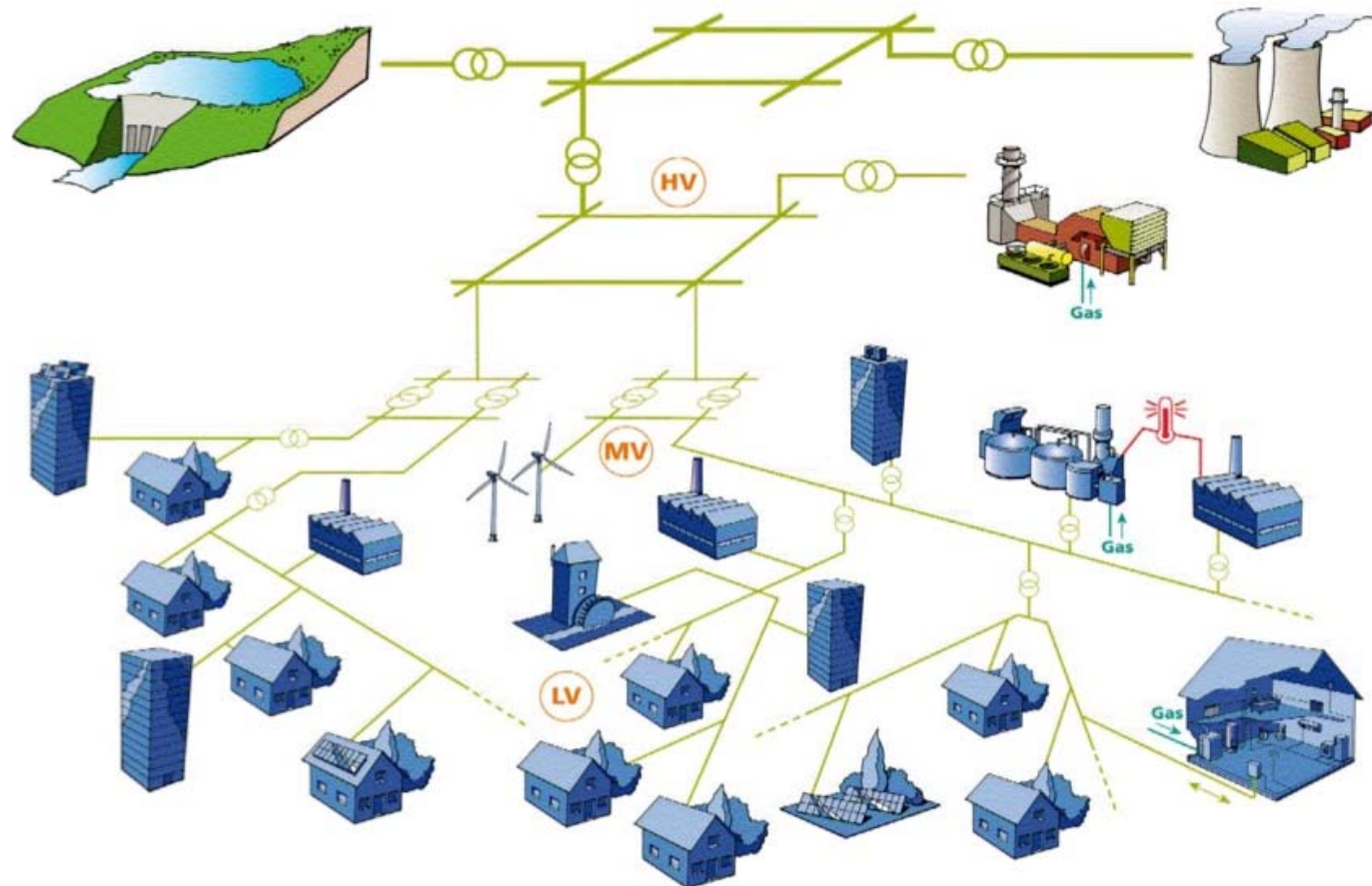


Source : RTE

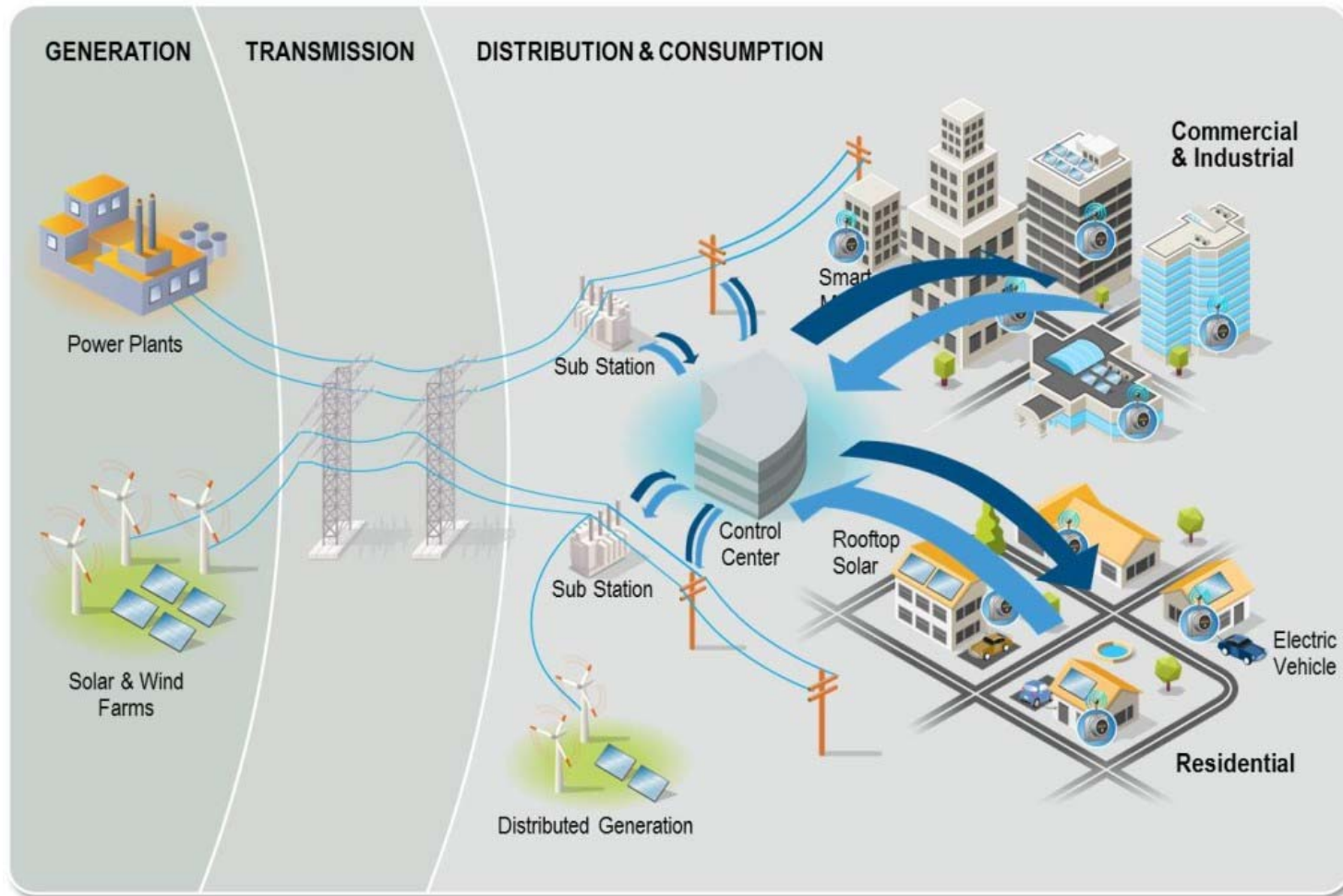
En 2020, le secteur résidentiel a compté pour près de 38% de la consommation finale d'électricité en France métropolitaine selon RTE. (©Connaissance des Énergies, d'après RTE)

Entre production et consommation,  
il faut transporter l'énergie électrique

---



# Du grid au « smart grid »



En 2019, en France, l'énergie électrique est acheminée vers :

- 32,8 millions de sites résidentiels (consommation totale de 152 TWh)
- 5,1 millions de sites non résidentiels comme les industries, les hôpitaux, les PMI-PME, les commerçants, etc. (consommation totale de 280 TWh).

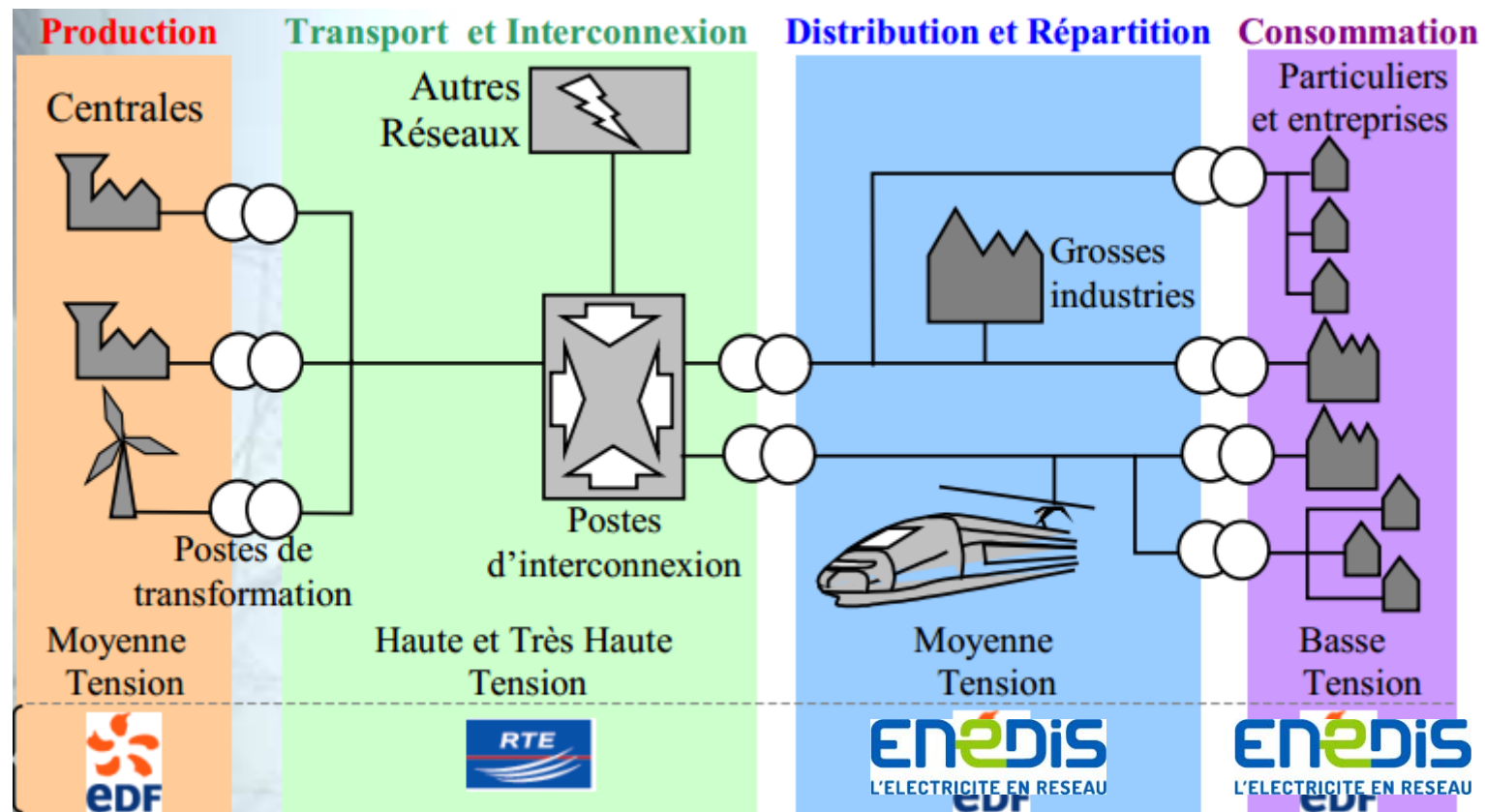
## VIII. Généralités sur les réseaux électriques

---

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les lieux de consommation d'électricité.

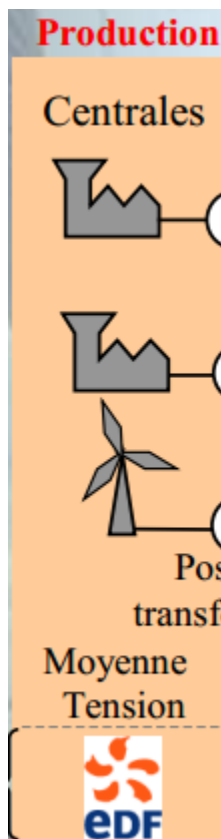


# Structure d'un réseau électrique



# Production

---



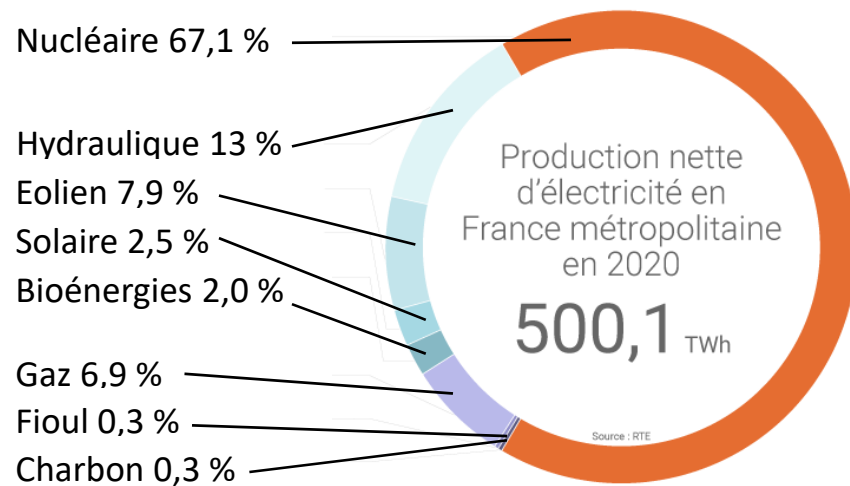
- Fournit la puissance active consommée par l'ensemble du réseau (dont les pertes, 2.5 % en France)
- Majoritairement produite par des alternateurs triphasés à partir d'énergies primaires (thermique, nucléaire, hydraulique, éolien, ...)
- Majoritairement produite par de grosses unités, en quelques points du territoire (fleuves, bord de mer, ...)
- Mix électrique(\*) : fonction des ressources naturelles d'un pays et de ses choix politiques

*(\*) répartition des différentes sources d'énergies primaires consommées dans une zone géographique donnée*

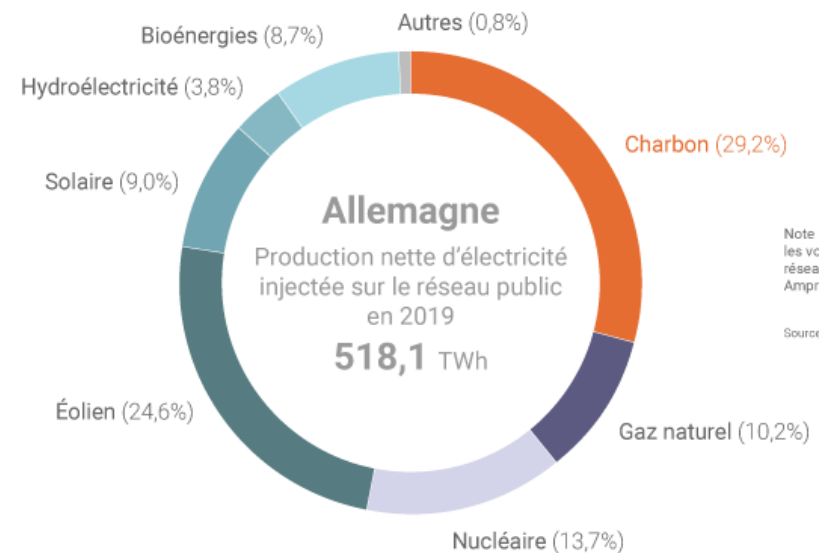


# Mix électrique

## France / Allemagne : ressources naturelles et choix politiques différents



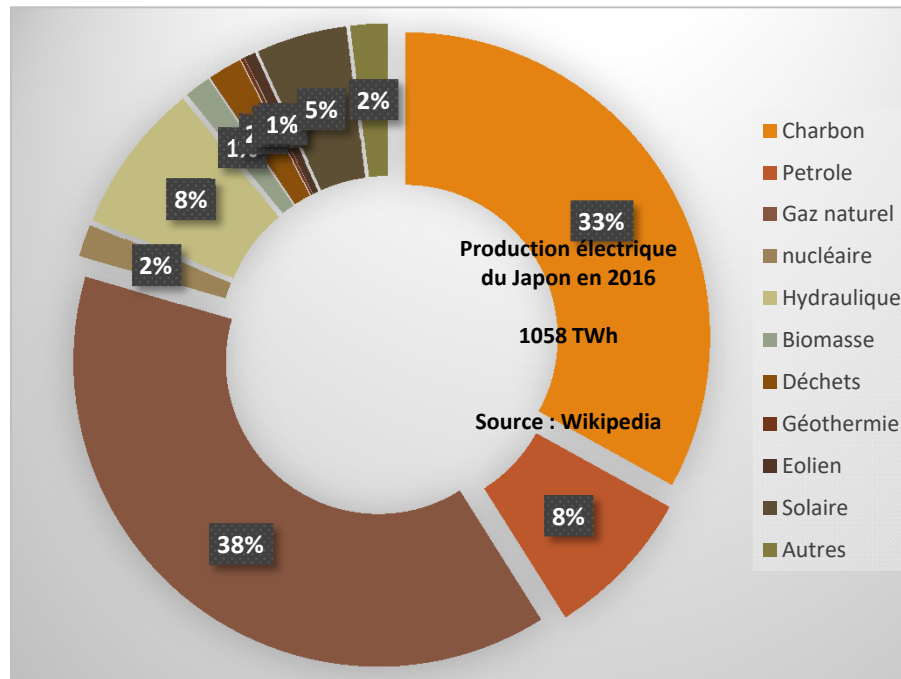
La production française d'électricité était décarbonée à près de 92,5% en 2020. (@Connaissance des Énergies, d'après RTE)



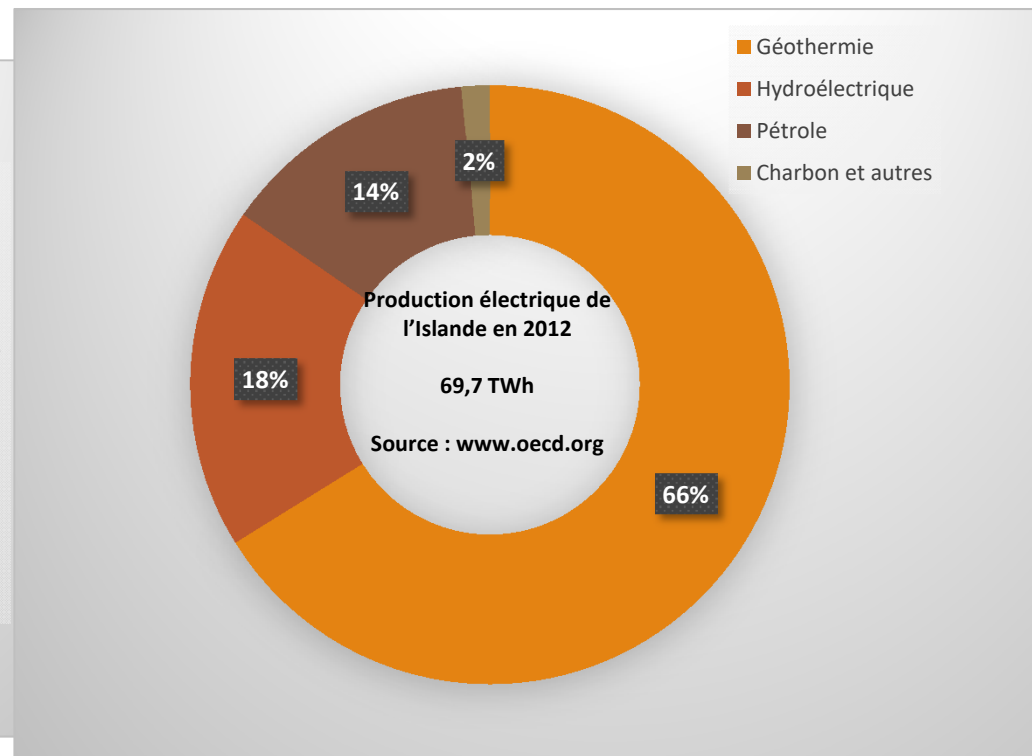
Données issues de <https://www.connaissancedesenergies.org>

# Autres exemples :

## Japon

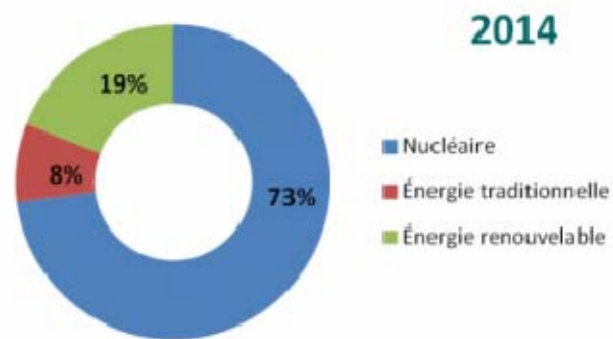
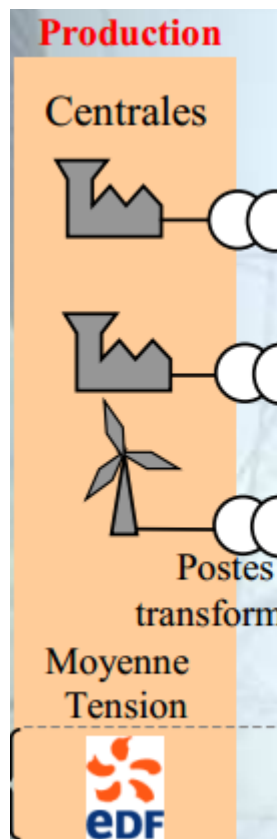


## Islande

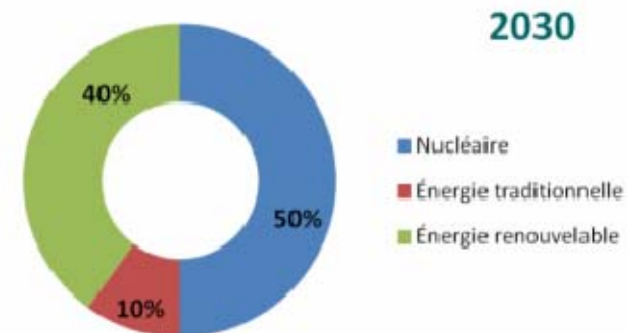


# Mix électrique

- Evolution *souhaitée* en France (politique publique)



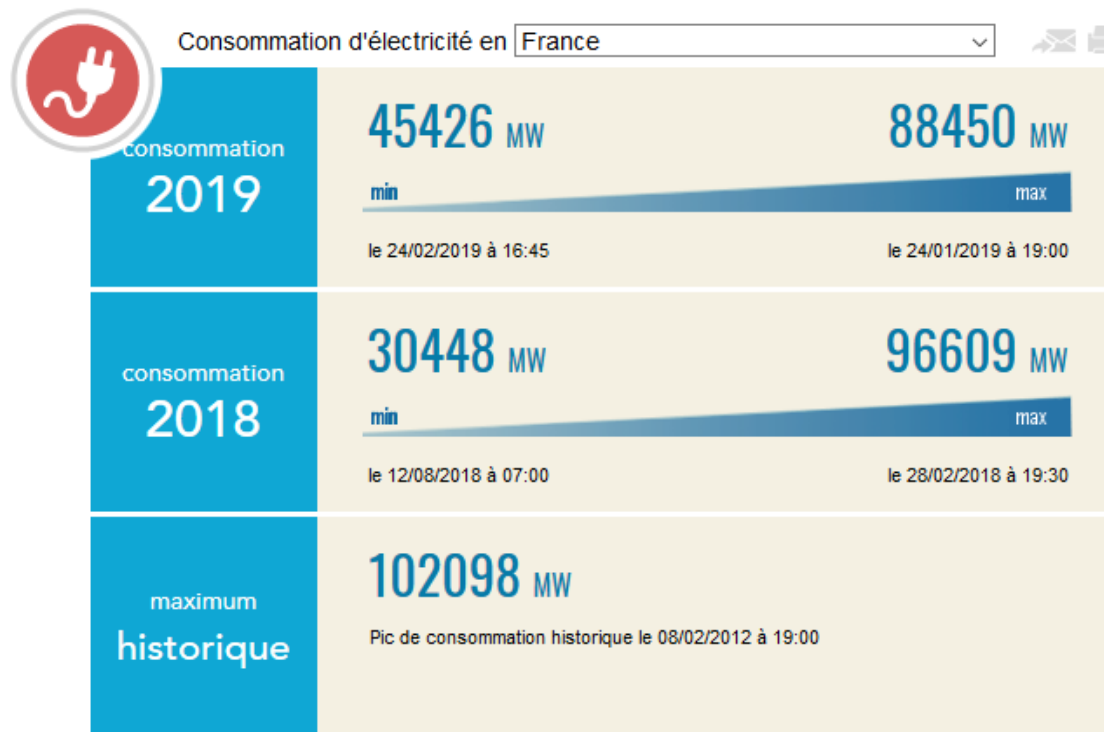
Loi de transition énergétique adoptée en 2015



la France pour 2014

# Quelques chiffres

<https://www.rte-france.com/fr/eco2mix/chiffres-cles>



**2020 :**

Min = 29124 MW le 10/05/20, 7h

Max = 83371 MW le 22/01/20, 9h30

**2021 :**

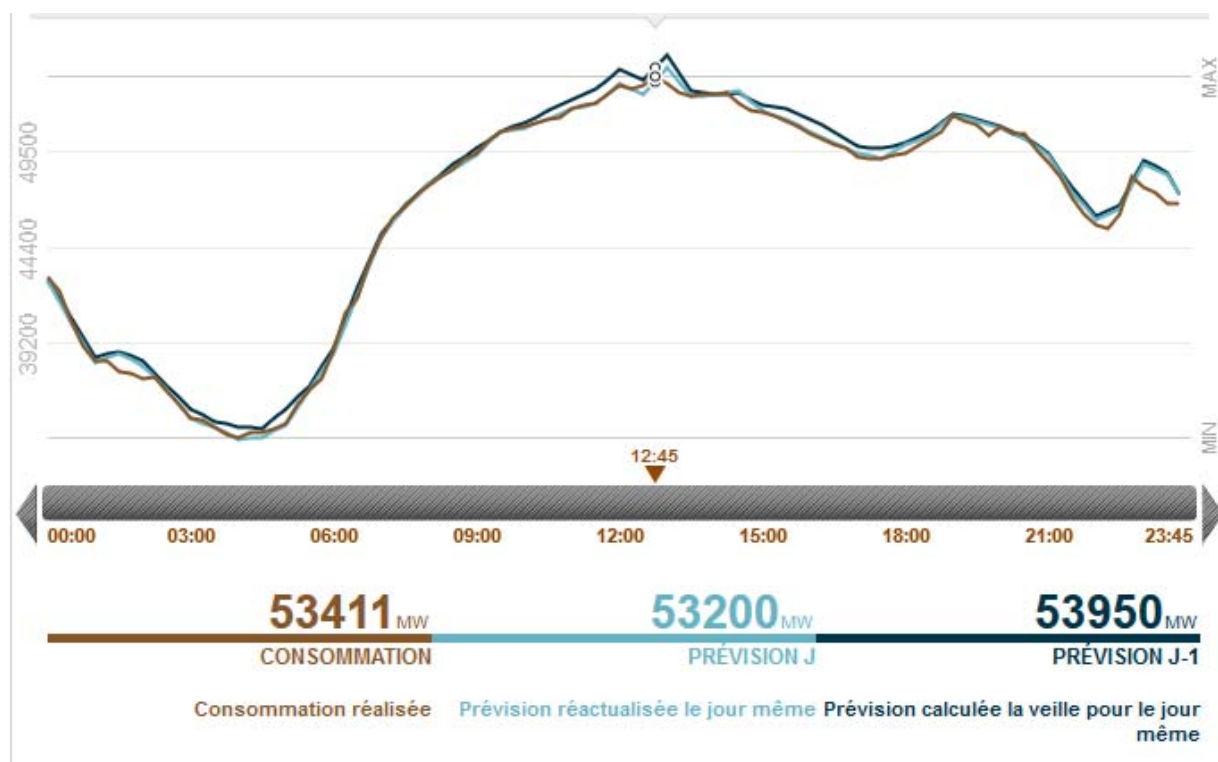
Min = 29660 MW le 08/08/20, 7h

Max = 88440 MW le 11/01/20, 9h30

# Consommation électrique française

## Lundi 16 septembre 2019

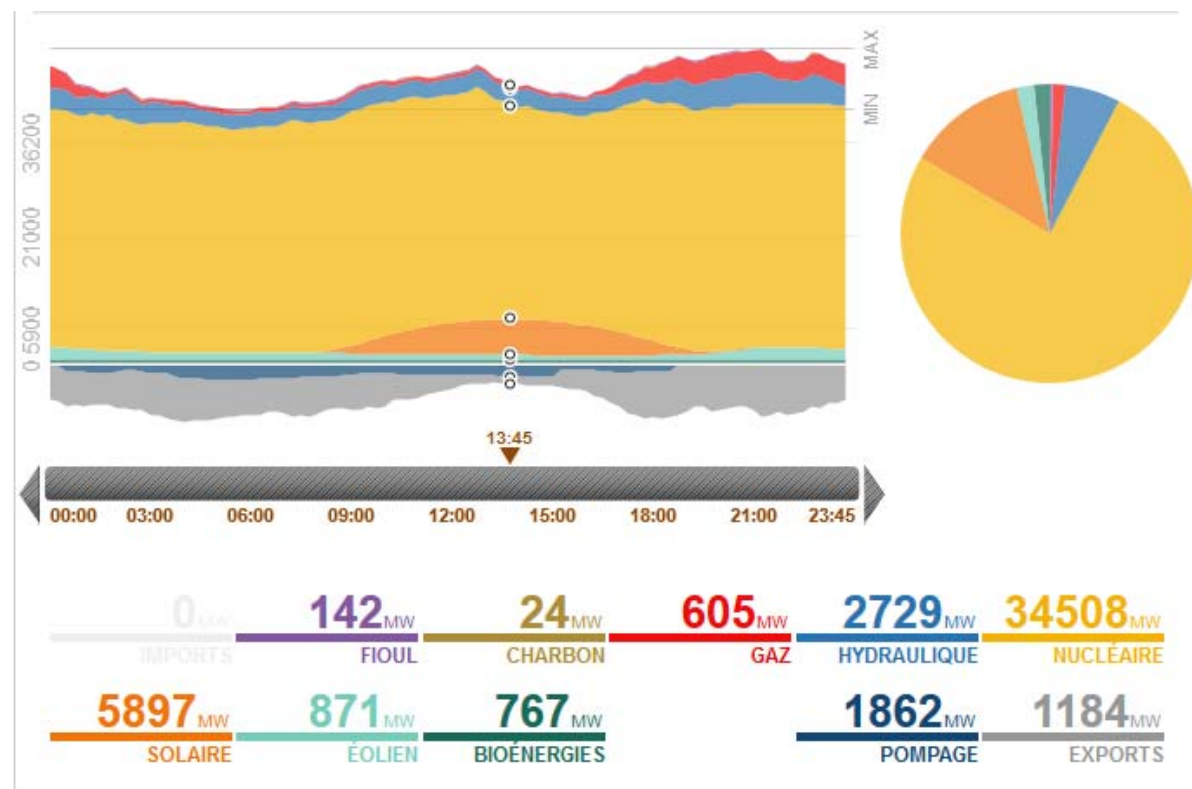
- Consommation : 34,2 / 53,4 GW
- Production : 41,4 / 51,4 GW



# Production électrique française

## Lundi 16 septembre 2019

- Consommation : 34,2 / 53,4 GW
- Production : 41,4 / 51,4 GW



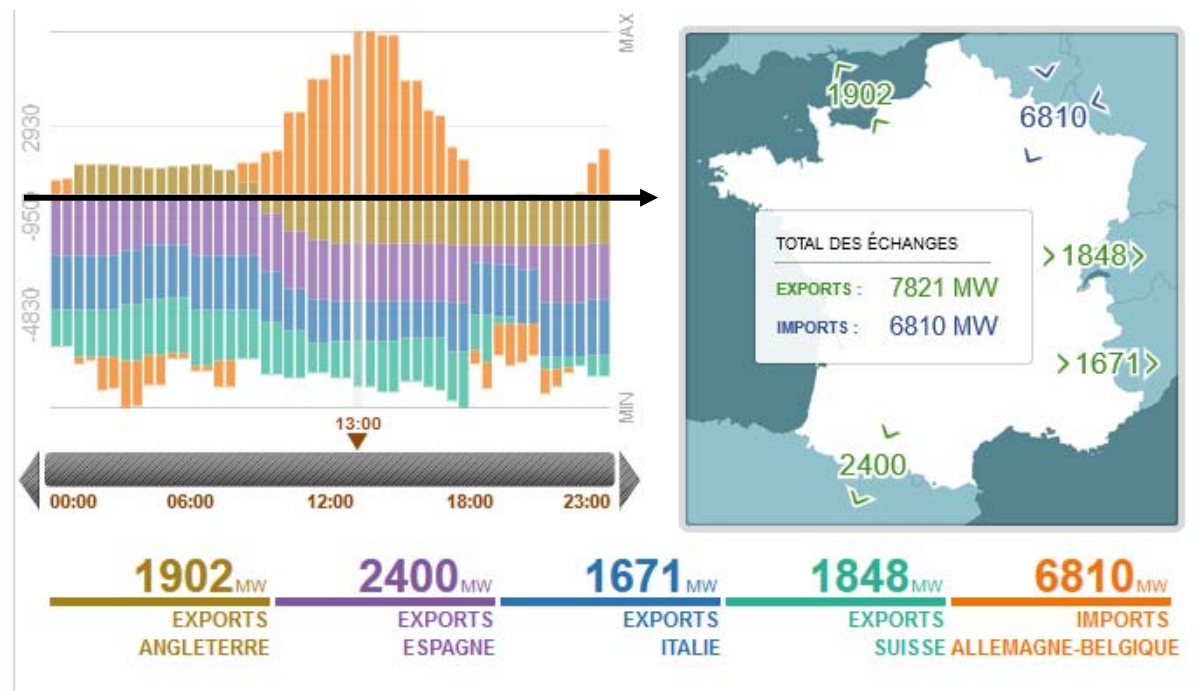


# Production électrique française

**Lundi 16 septembre 2019**

- Consommation : 34,2 / 53,4 GW
- Production : 41,4 / 51,4 GW

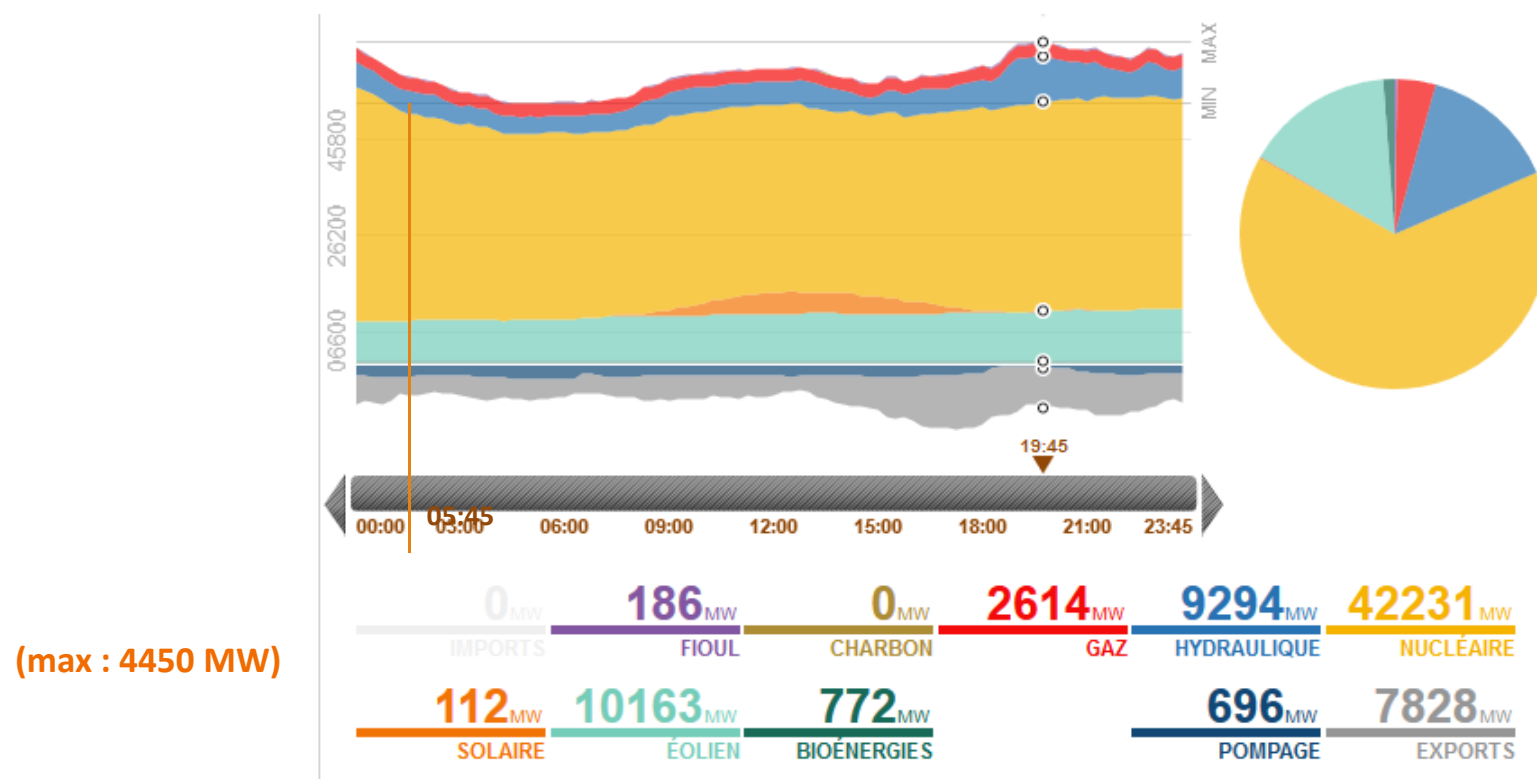
Échanges d'énergie  
entre la France et  
les pays voisins



# Production électrique française

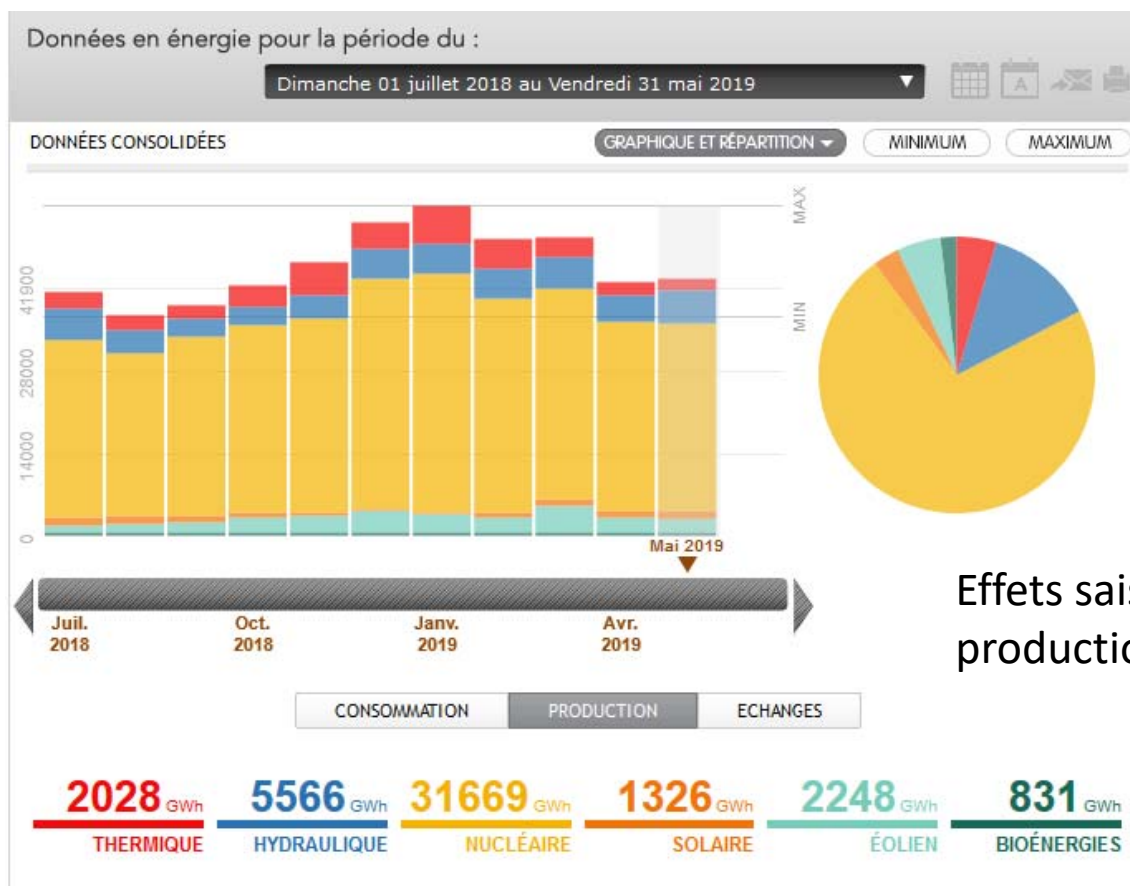
## Dimanche 3 mars 2019

- Consommation : 46,0 / 57,2 GW
- Production : 53,0 / 65,4 GW



# Production électrique française

## Données en énergie :



# Classement des types de production

---

## **Problème fondamental des réseaux électriques :**

- Assurer **l'équilibre production/consommation** instantanées (pas de stockage)
- S'adapter *en temps réel* aux aléas de production et de consommation

## **Deux types de production :**

- Production de masse : fournit la valeur moyenne de la consommation
- Production de pointe : permet l'ajustement aux fluctuations de consommation

# Classement des types de production

---

## **Critères de classement des différents types de source :**

- Capacité de production (combien de watts ?)
- Temps de réaction (mobilisable en combien de temps ?)

## **Production de masse :**

- Nucléaire, thermique - 100 GW – programmé selon les prévisions journalières – temps de réponse = qqs heures.

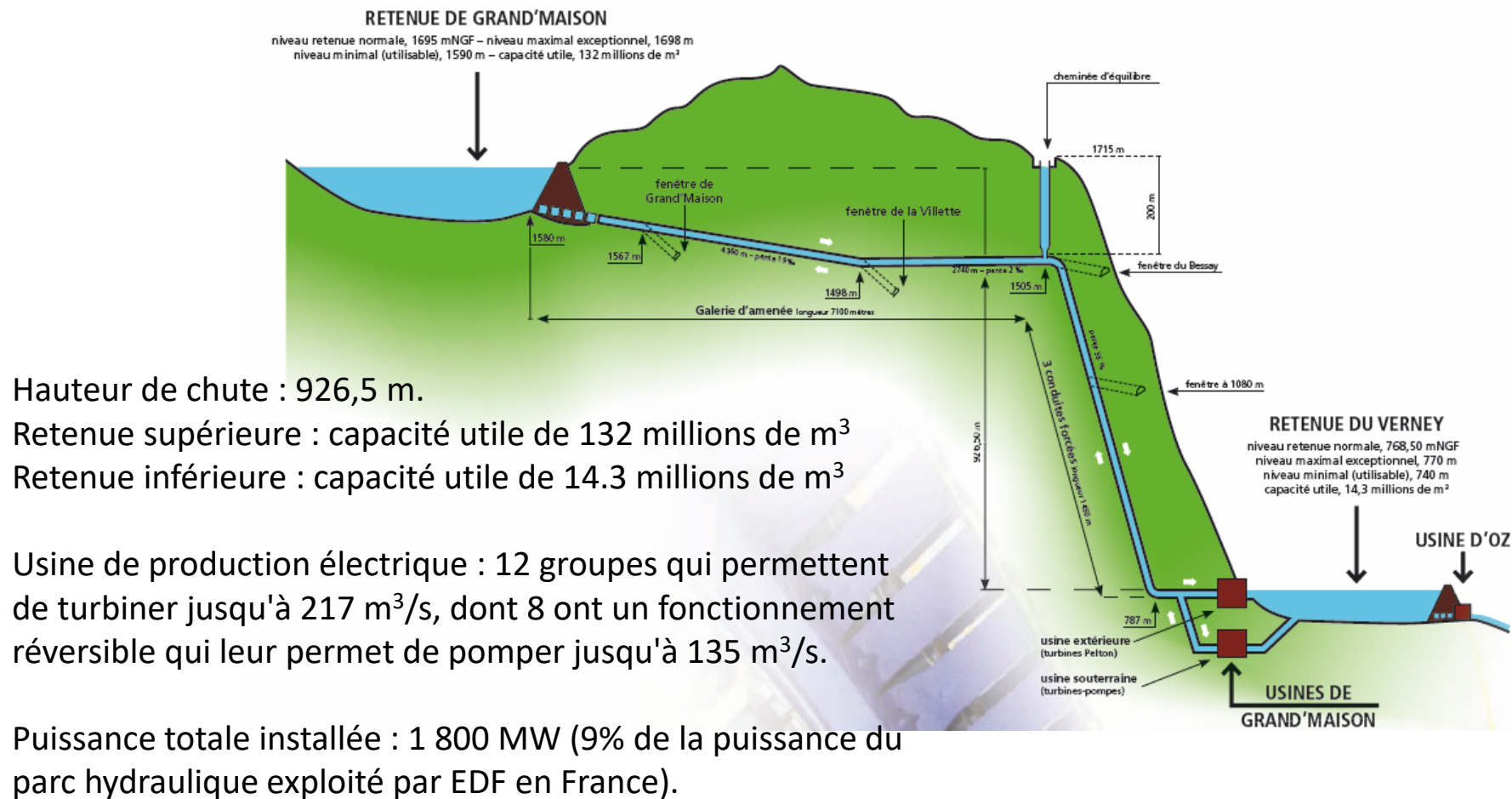
## **Production intermédiaire :**

- Thermique, hydraulique au fil de l'eau, éolien – 1 GW – inertie moindre

## **Production de pointe :**

- Hydraulique, pompage, thermique – 100 MW – temps de réponse = qqs mn

# Stockage par pompage : la centrale STEP Grand'Maison





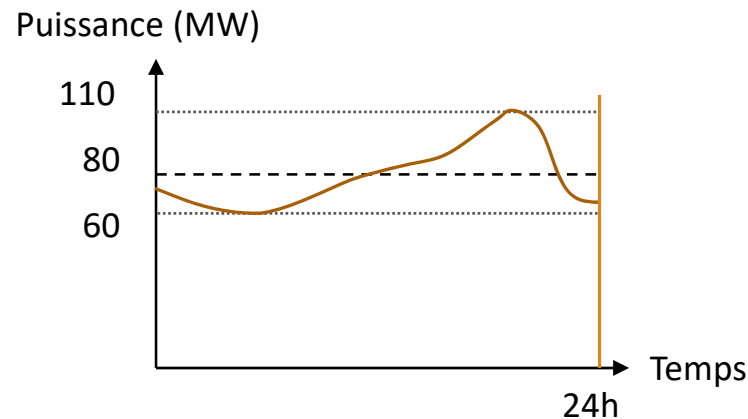
# Application immédiate

---

**L'appel de puissance d'une municipalité varie entre 60 MW et 110 MW au cours d'une journée. La puissance moyenne journalière de 80 MW. Pour produire cette énergie, on envisage deux possibilités :**

- installer une centrale de base et une centrale de pointe à moteur diesel
- installer une centrale de base et une centrale de pointe à réserve pompée

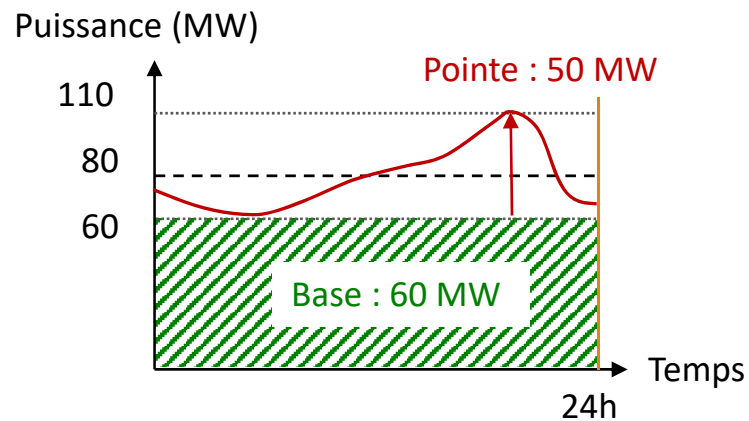
Déterminer les capacités des centrales de base et de pointe requises dans chaque cas.



# Application immédiate

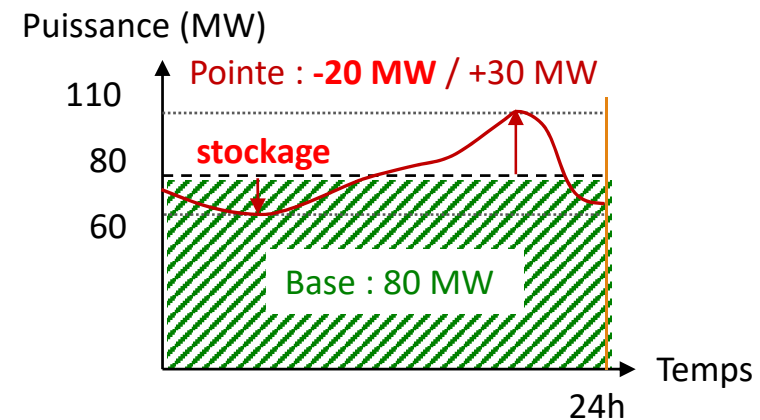
## Solution 1 :

- Centrale de pointe non réversible



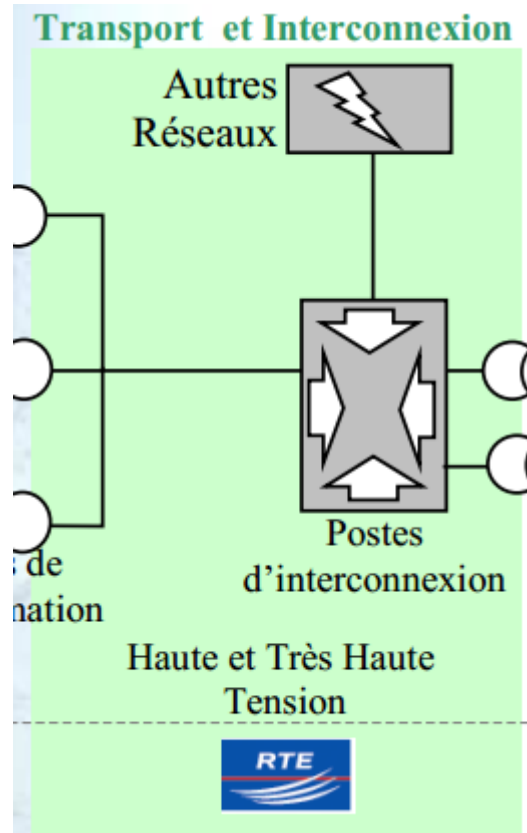
## Solution 2 :

- Centrale de pointe réversible



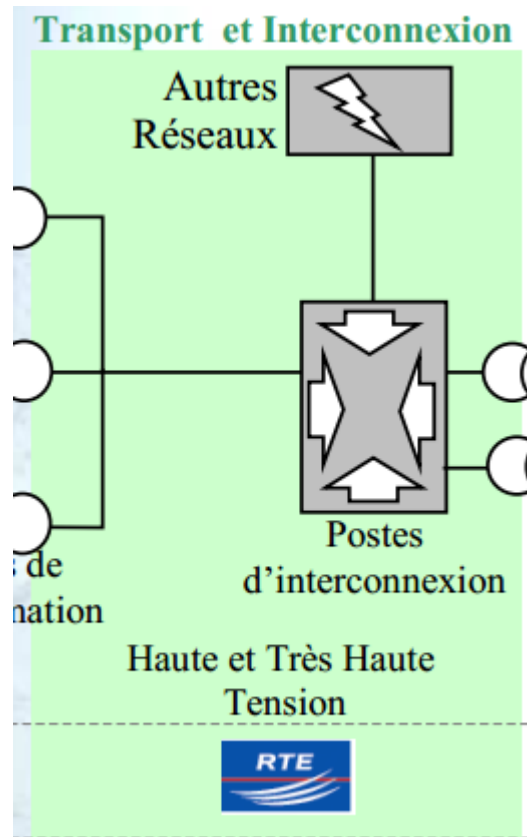
# Réseau de transport

---

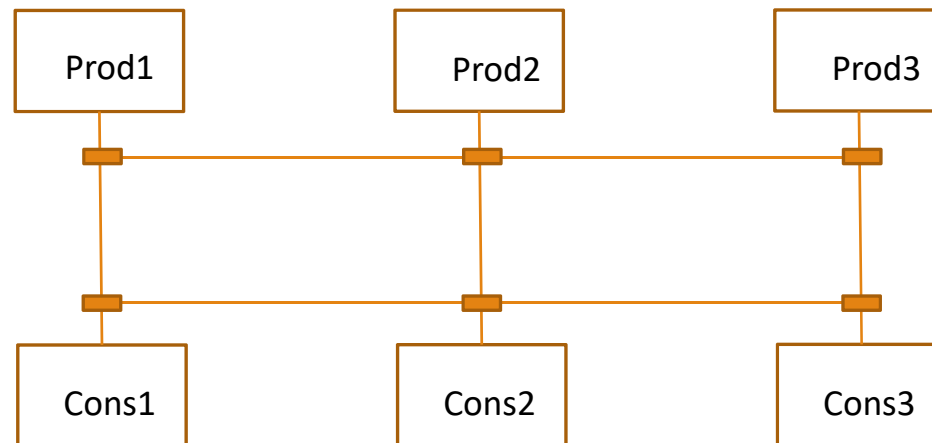


- Transport de l'énergie des unités de production vers les lieux de consommation
- Grandes distances à travers le territoire
- Transport en très haute tension (THT)
- Postes d'interconnexion électriques : répartissent les puissances, adaptent les niveaux de tension
- Caractéristiques générales :
  - Choix du mode : AC sauf cas particulier
  - Fréquence normalisée : 50 ou 60 Hz
  - Tensions normalisées

# Interconnexions : réseau maillé

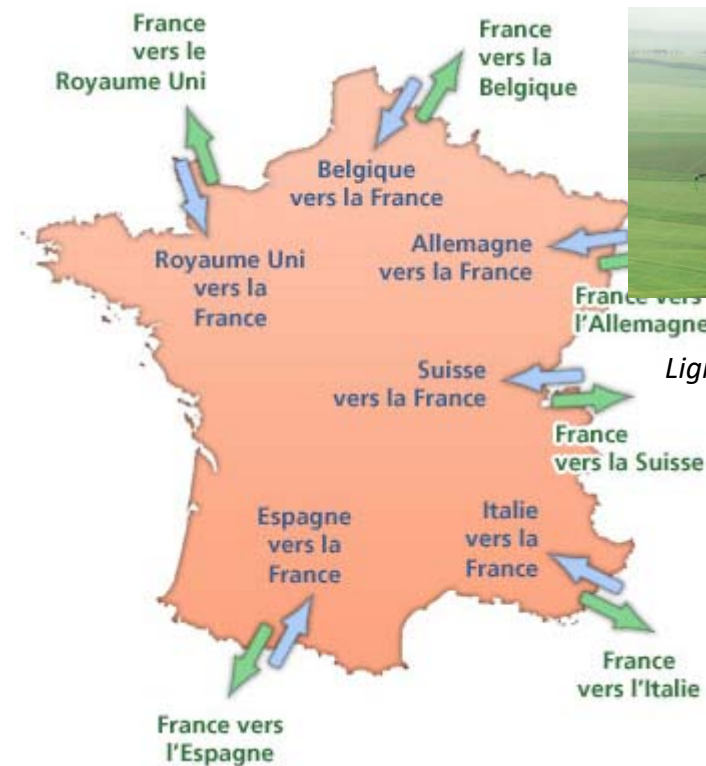
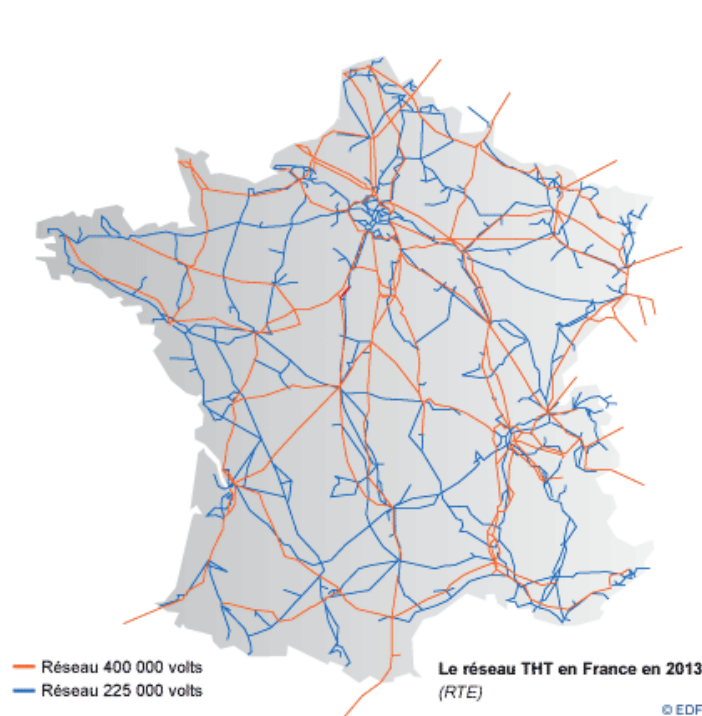


- Au sein du réseau & vers d'autres réseaux
- Intérêts : stabilité, continuité de service, économie



# Transport et interconnexion

## Maillage territorial et interconnexion



Ligne d'interconnexion 400 kV  
France–Allemagne

Fréquence normalisée : 50 Hz

Tensions normalisées : BT, HTA, HTB norme européenne

# Exemple d'installation

---

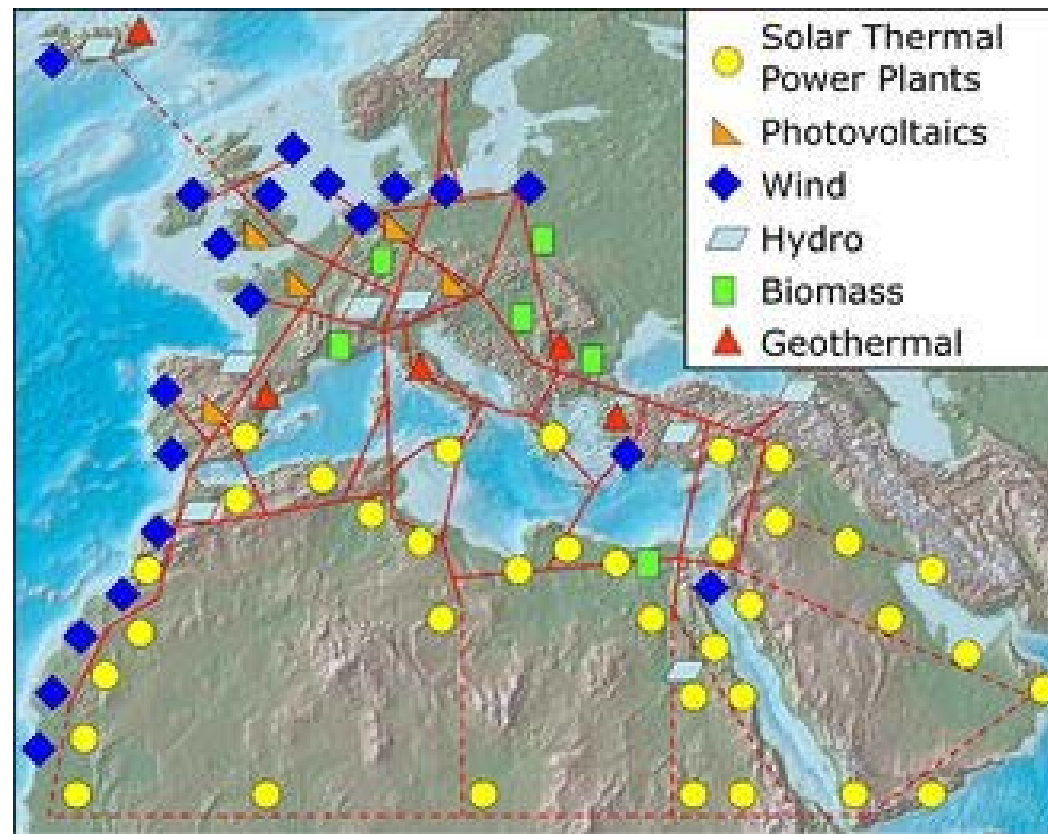
## Station de conversion du courant alternatif-continu des Mandarins (Pas-de-Calais) pour l'interconnexion France/Angleterre





## Projet de réseau d'interconnexion entre l'Europe, l'Afrique du Nord et le Moyen-Orient

---



# Intégration de l'éolien

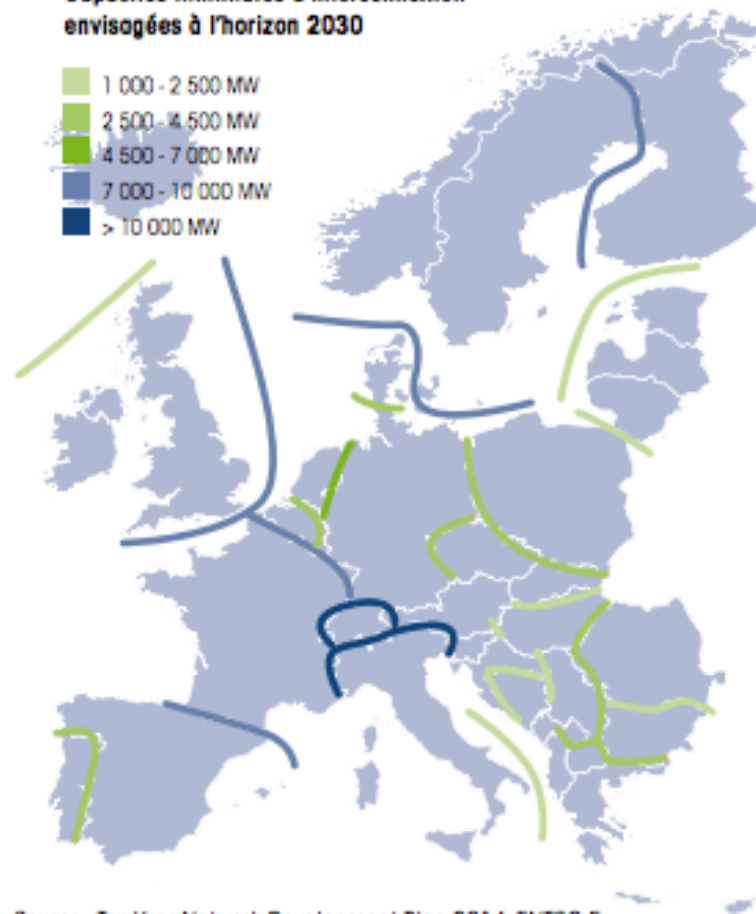
<https://www.energiesdelamer.eu/2018/08/03/l-essor-eolien-offshore-mer-du-nord/>

Principaux projets de renforcement  
des interconnexions entre pays  
européens à l'étude à l'horizon 2030



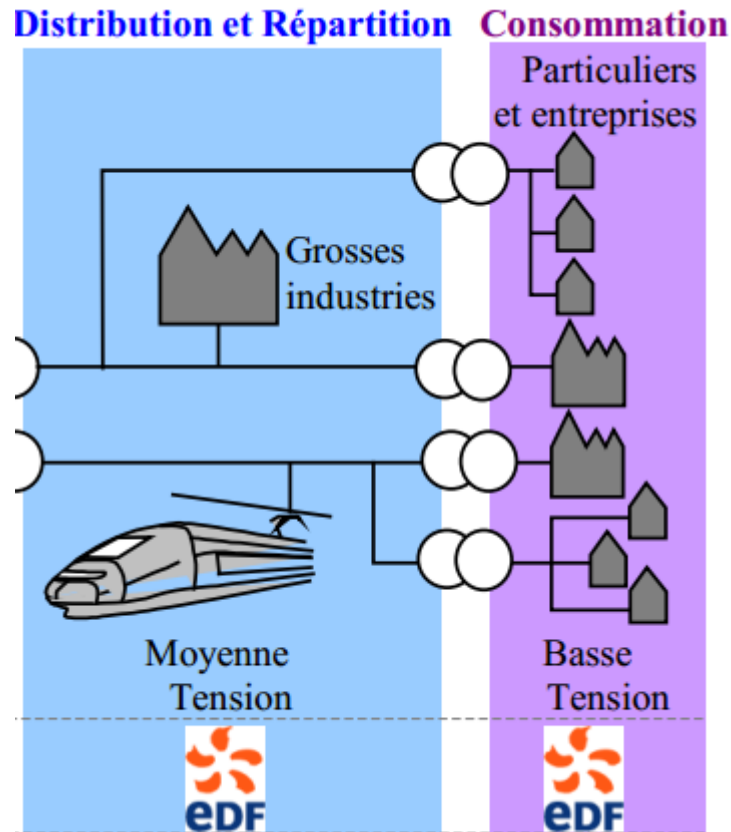
Capacités minimales d'interconnexion  
envisagées à l'horizon 2030

- 1 000 - 2 500 MW
- 2 500 - 4 500 MW
- 4 500 - 7 000 MW
- 7 000 - 10 000 MW
- > 10 000 MW



Source : Ten Year Network Development Plan 2014, ENTSO-E

# Distribution et répartition



## ○ Distribution :

- Maillage fin du territoire
- Chaque utilisateur est prêt d'un accès au réseau
- Densification
- Passage progressif des THT vers les BT

## ○ Consommation:

- 1 client = puissances active + réactive
- Conso domestique très ramifiée, basse tension monophasée
- Clients industriels : triphasé, alimentation en moyenne tension pour les grosses puissances