



Le réseau de l'intelligence électrique

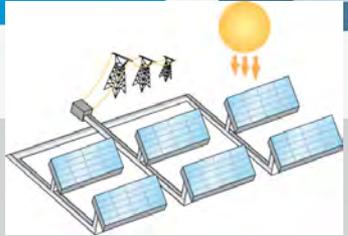
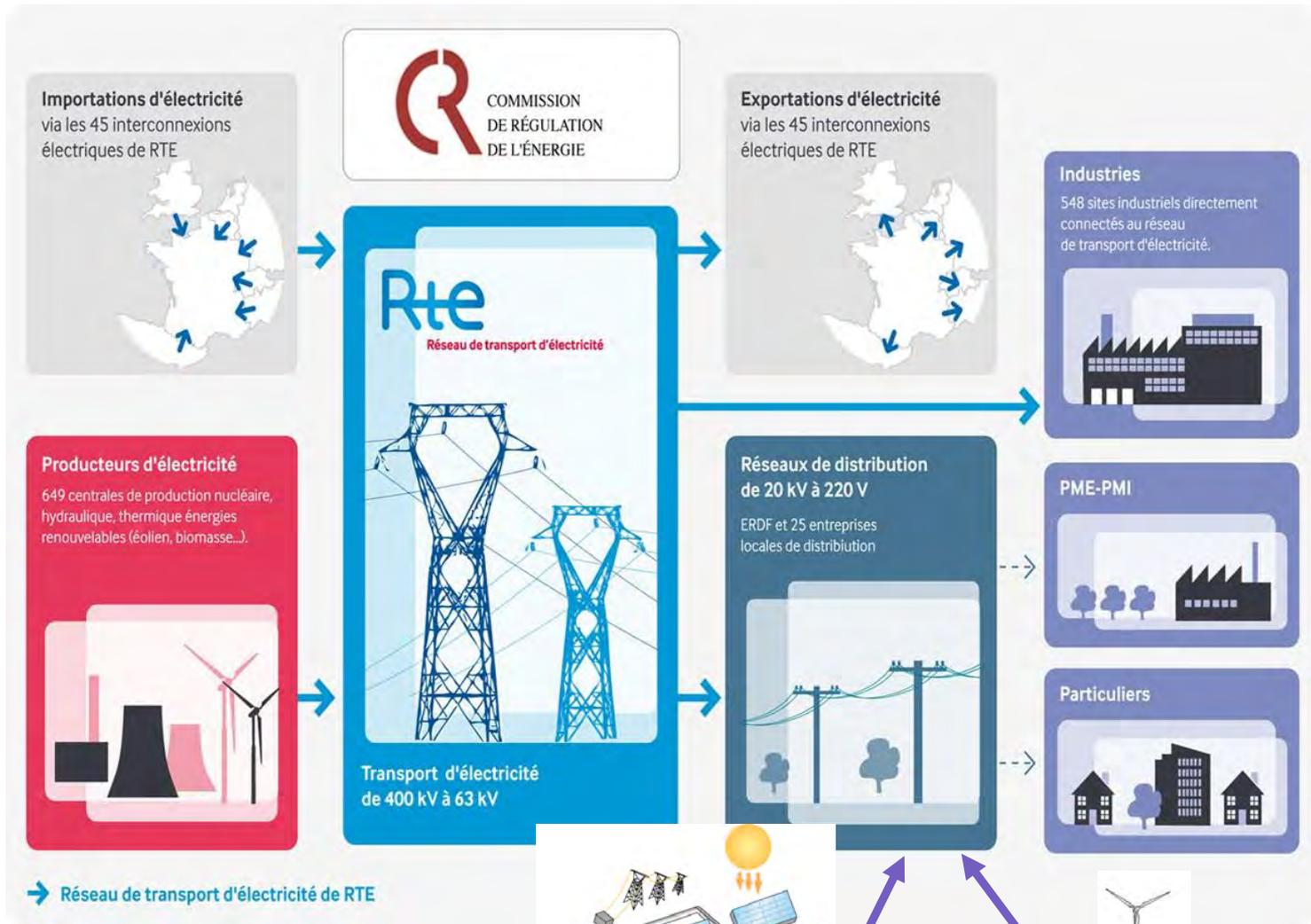


# Transition Energetique, de l'Europe aux Territoires

Michel BENA, Directeur Adjoint R&D

le 15 septembre 2017

# Le système électrique en 2017



# Le réseau de RTE, haute et très haute tension

DU 400 000 AU 63 000 VOLTS  
RTE Propriétaire et Exploitant

100 000 KM DE LIGNES  
dont ¼ en 400kV

2600 POSTES DE  
TRANSFORMATION

46 INTERCONNEXIONS AVEC 6  
PAYS FRONTALIERS

Les infrastructures durent  
au moins 70 ans : en 2030 la majeure  
partie du réseau sera la même  
**qu'aujourd'hui**



Le réseau 225 kV existant (en vert) et les premiers projets 400 kV (en rouge) qui se dessinent à l'horizon **1946**



Cette carte représente également les postes de raccordement des centrales de production du réseau 400 kV **2006**



# Les distributeurs



- **Ces acteurs assurent l'acheminement de l'électricité entre** le réseau de transport et les consommateurs finaux raccordés à leur réseau : 1,5 millions de km de lignes
- Ils sont 26 :
  - Enedis (ex ERDF) : près de 2 200 points de livraison (postes sources) et 33 agences de conduite régionale
  - 26 Entreprises locales de distribution : ES, UEM, SOREGIES, RSIEDS, GEG, OISE (rang 1=raccordés au RPT)
- Ils soutirent ~ 80% du total

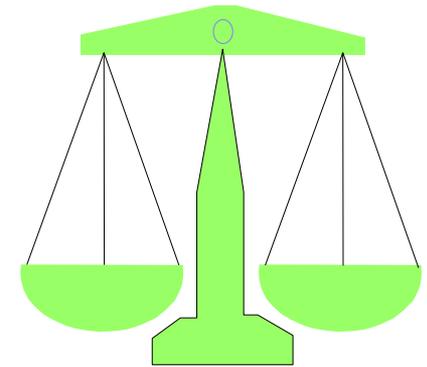


**L'électricité ne se stocke pas**  
et la demande varie en permanence



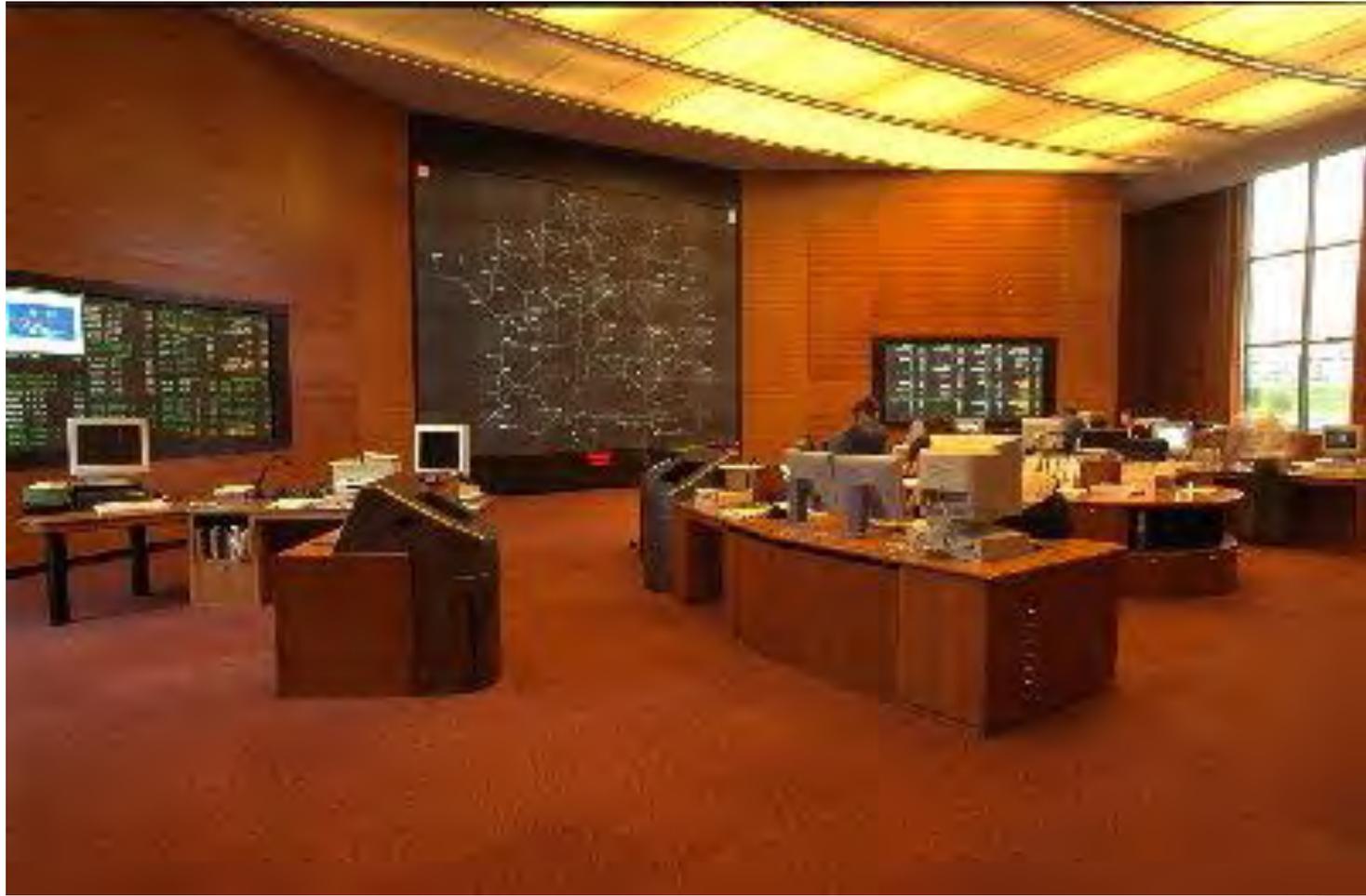
Situation  
déséquilibrée

RTE maintient  
**l'équilibre du**  
système en temps  
réel en  
achetant ou en  
vendant de  
**l'électricité**  
(ajustement)



Situation équilibrée

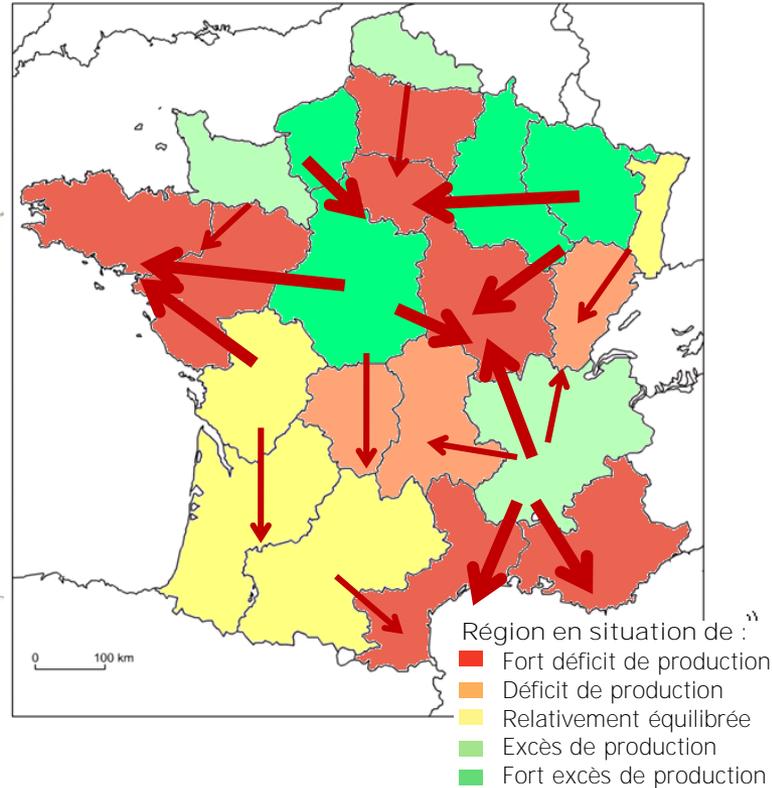
# L'EOD Court-Terme (Dispatching)



# Le réseau de transport permet d'assurer la solidarité entre les régions

## La production n'est pas toujours là où on en a besoin...

Analyse des déséquilibres régionaux actuels



Un développement du réseau de transport permet une compensation des déséquilibres production/consommation régionaux.

# Le réseau permet de minimiser la capacité de production installée en France

- Des marges de secours sur les centrales de production sont indispensables pour faire face aux aléas pouvant survenir. Or, il y a une faible chance pour que deux aléas majeurs interviennent dans plusieurs zones en même temps. Le réseau de transport permet de partager les marges entre différentes zones : **c'est la mutualisation**

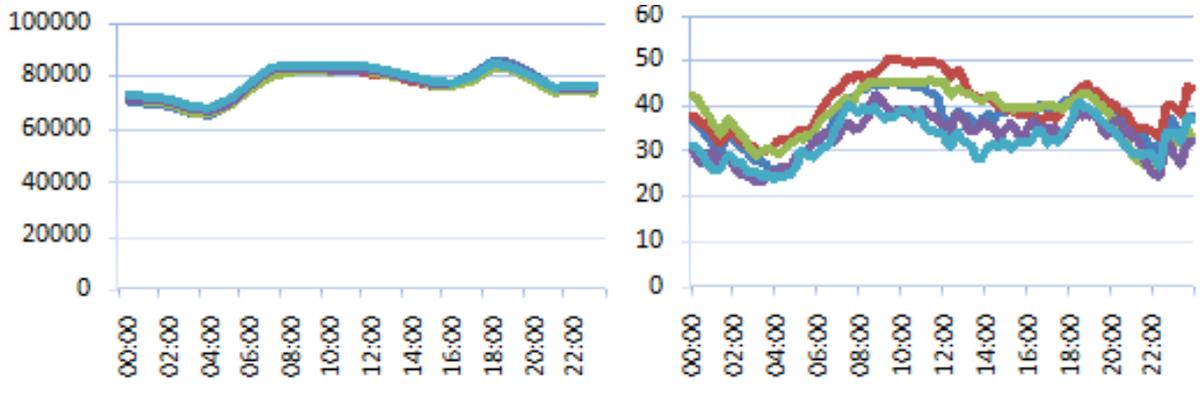
Analogie : exemple de mutualisation des ressources dans les communautés d'agglomération

- Les aléas ont plus de chances de se compenser à grande échelle que localement. Le réseau de transport, qui connecte l'ensemble du territoire, permet de mettre ces aléas dans un « pot commun » : **c'est le foisonnement.**

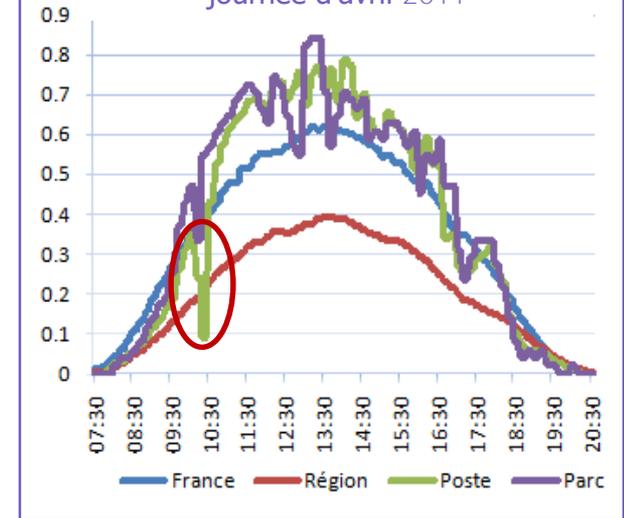
Analogie : Il y a plus de chances de trouver quelqu'un qui éteint la lumière juste au moment où vous l'allumez à l'échelle de la France que de votre quartier

Consommation sur 5 jours de janvier 2011 (superposés) pour la France et deux postes de la région Ouest

— 24-janv — 25-janv — 26-janv — 27-janv — 28-janv



Variabilité du solaire photovoltaïque journée d'avril 2011



**Les marges de secours à prendre à l'échelle nationale sont moins importantes que la somme des marges des différentes zones prises individuellement.**

Ce sont donc moins de centrales de production à construire sur le territoire.

# Tarif payé par les utilisateurs du réseau : les grands principes

Depuis l'origine, les principes généraux de la structure du tarif payé par les utilisateurs du réseau de transport d'électricité sont les suivants :

- tarification indépendante de la distance parcourue (principe du «timbre-poste»),
- tarification identique sur tout le territoire français (principe de la péréquation tarifaire),
- tarification fonction de la puissance souscrite et de l'énergie consommée pour le soutirage.
- tarification fonction de l'énergie pour l'injection en très haute tension (environ 2% des recettes tarifaires de RTE),

## Interconnected network of Continental Europe

31.12.2014



**Legend**

Line	Capacity (MW)	Power (MW)
HVDC	3000-10000	3000-10000
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000

**Legend**

Line	Capacity (MW)	Power (MW)
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000

**Legend**

Line	Capacity (MW)	Power (MW)
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000

**Legend**

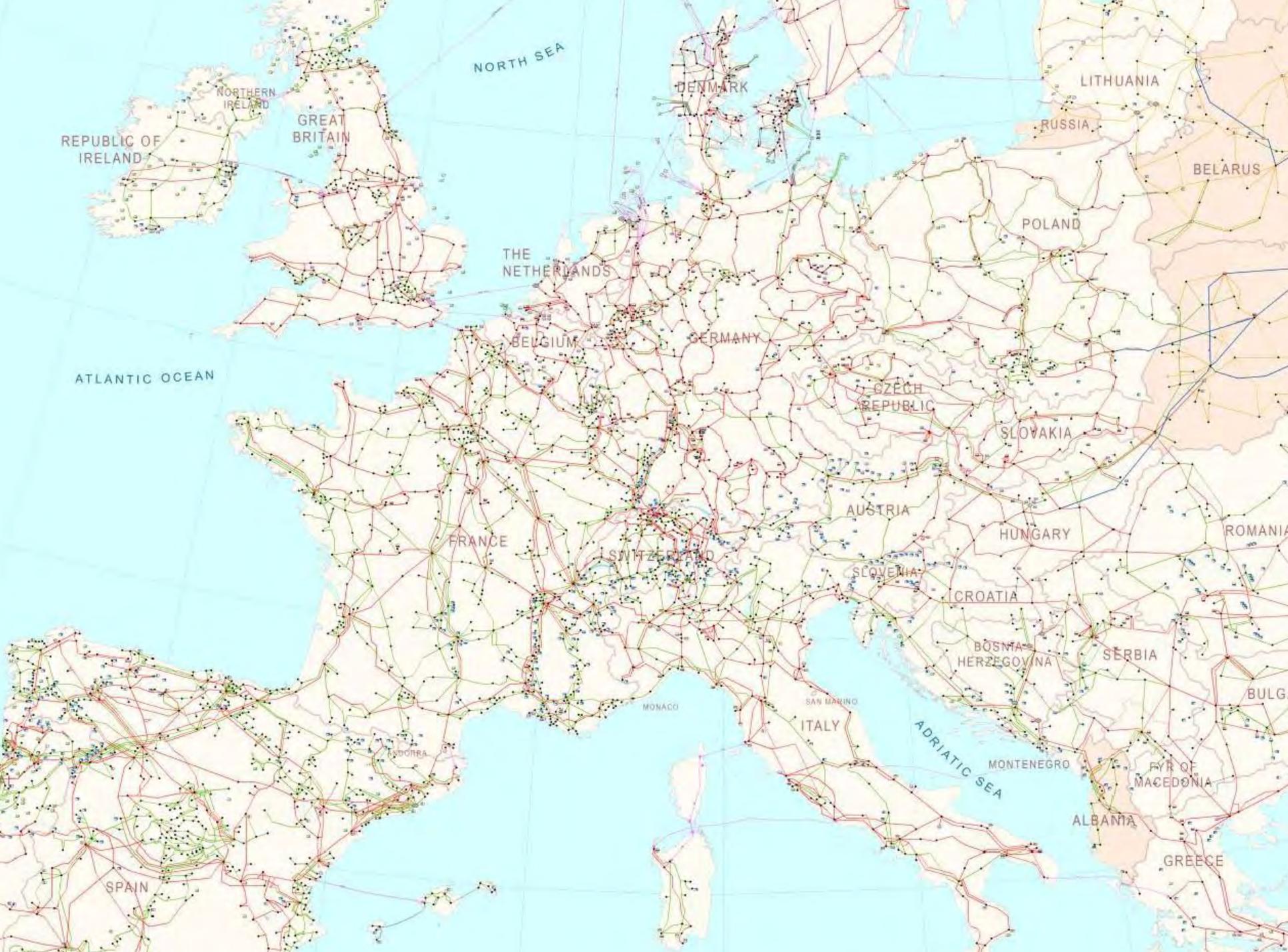
Line	Capacity (MW)	Power (MW)
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000

**Legend**

Line	Capacity (MW)	Power (MW)
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000

**Legend**

Line	Capacity (MW)	Power (MW)
AC 220kV	1000-3000	1000-3000
AC 380kV	1000-3000	1000-3000
AC 500kV	1000-3000	1000-3000
AC 765kV	1000-3000	1000-3000
AC 1000kV	1000-3000	1000-3000
Other	0-1000	0-1000



# Introduction: ENTSO-E interconnected System



# L'Europe électrique aujourd'hui

➤ 27 pays interconnectés (20 États membres de l'UE)

- 4 zones synchrones

**Pays nordiques, Royaume Uni, Irlande**

**et Europe continentale**

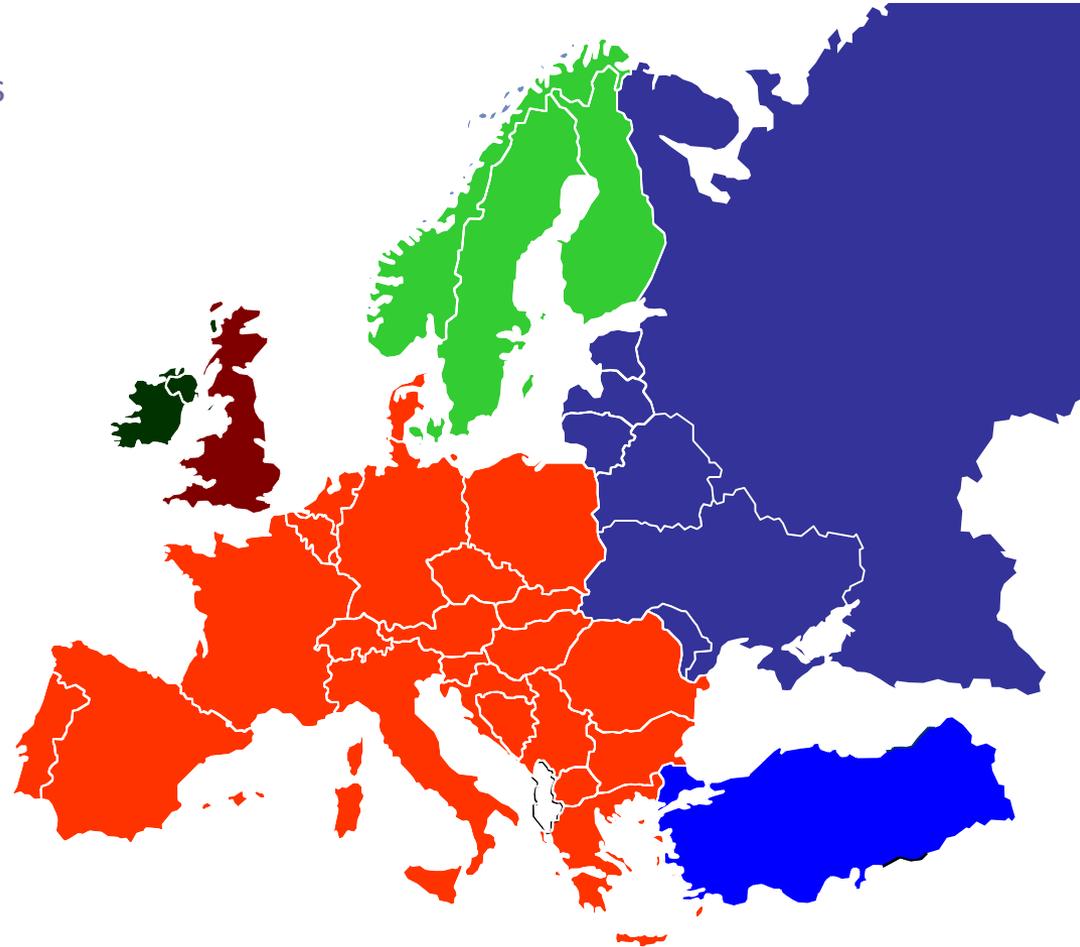


➤ Puissance installée : 1030 GW

(46% fossile (41), 12% nucléaire (25),

20% hydro (17), 22% EnR (17))

➤ Consommation : 3278 TWh/an



# POURQUOI UN RÉSEAU EUROPÉEN

Mutualiser les secours

Optimiser à l'échelle européenne des mix énergétiques complémentaires

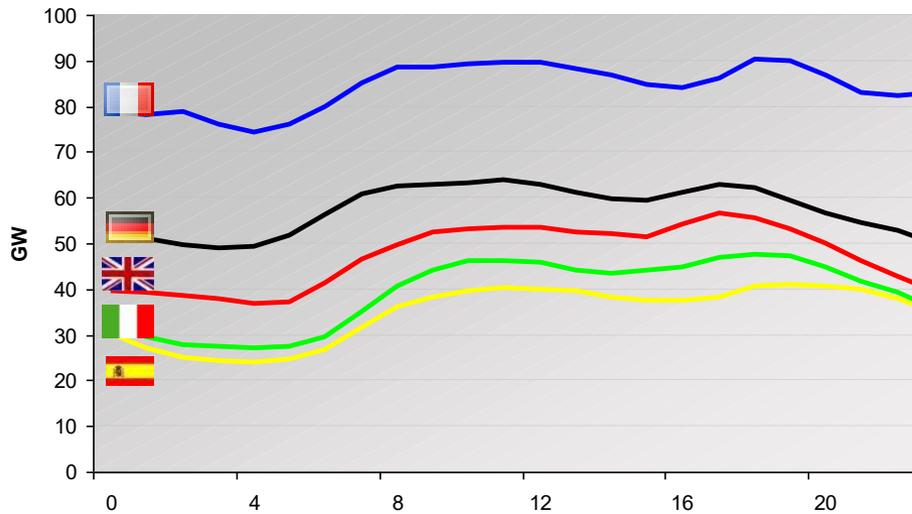
Faciliter la fluidification du marché (consommateur européen)



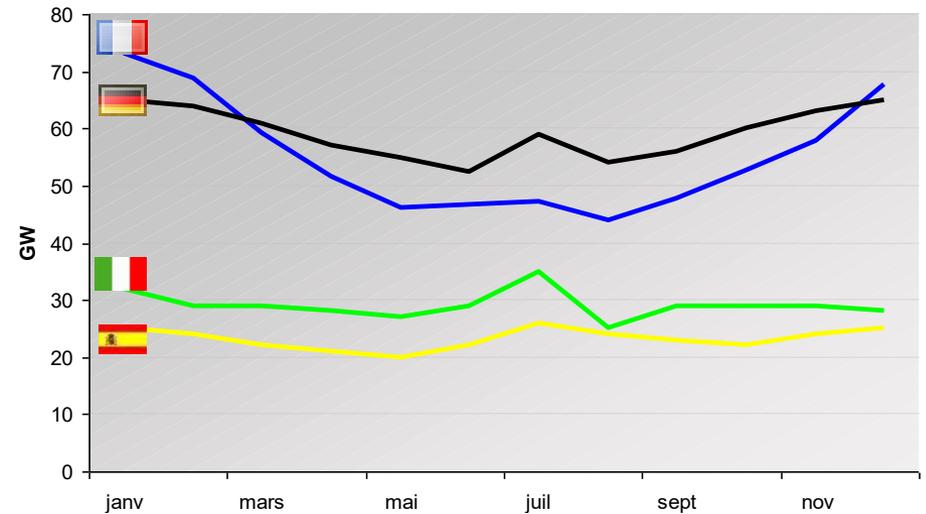
# POURQUOI UN MARCHÉ EUROPÉEN DE L'ÉLECTRICITÉ ?

Des modes de consommation hétérogènes

■ Variation sur une journée d'hiver



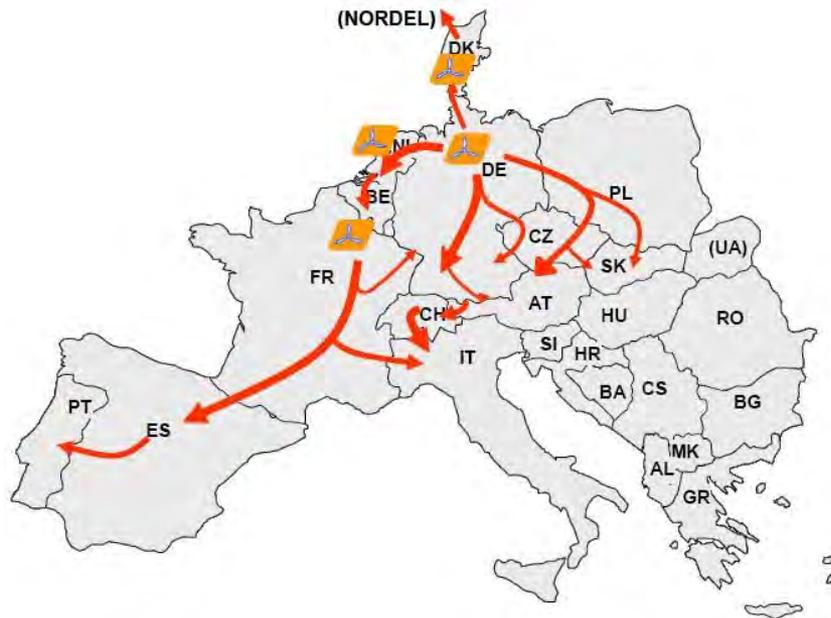
■ Variation sur une année



➔ OPTIMISATION

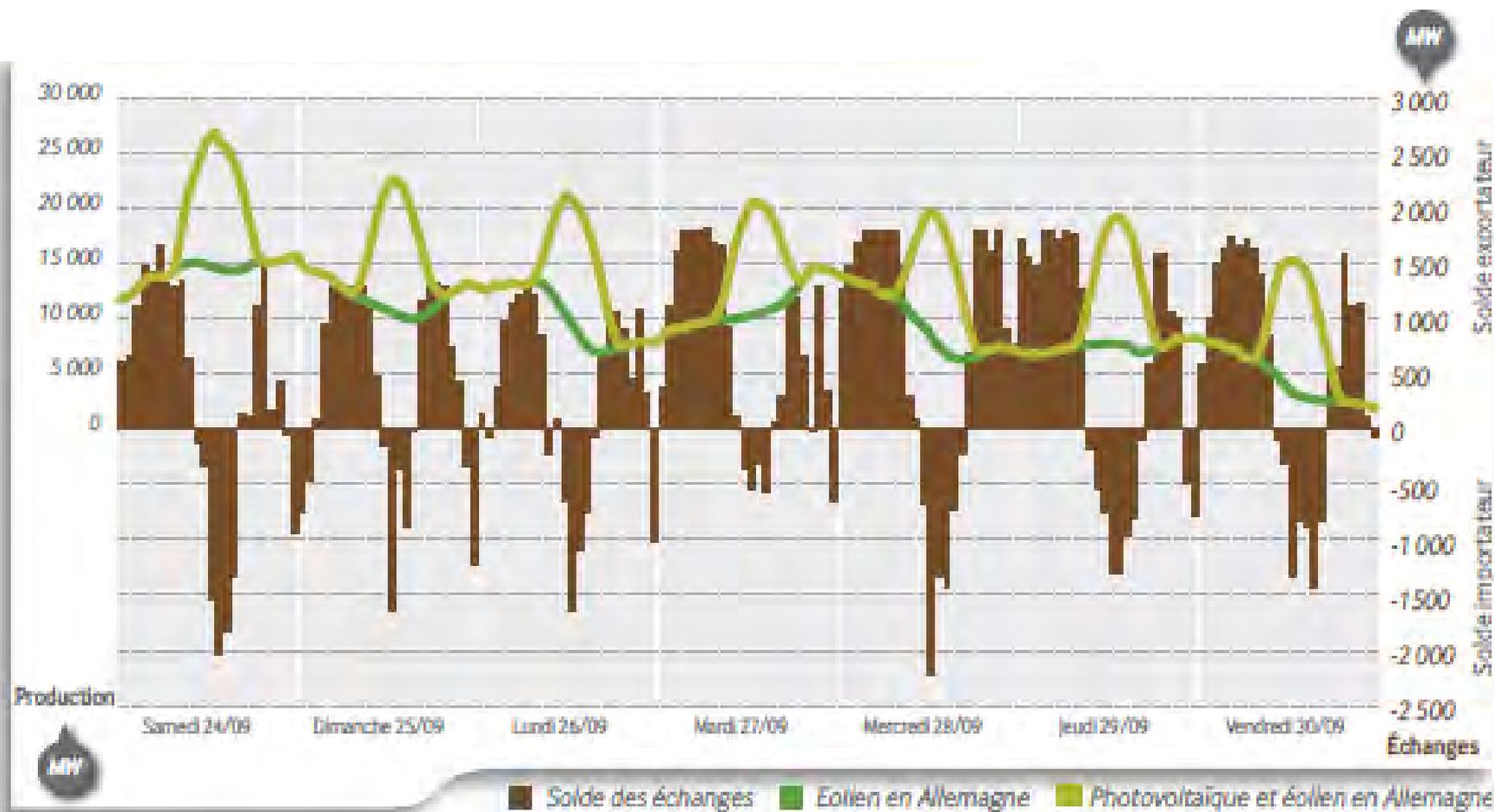


# La dimension européenne



→ *Nécessité de plus d'intelligence dans les réseaux pour intégrer et valoriser ces nouveaux acteurs*

# Les choix énergétiques de nos voisins européens impactent l'exploitation du réseau français



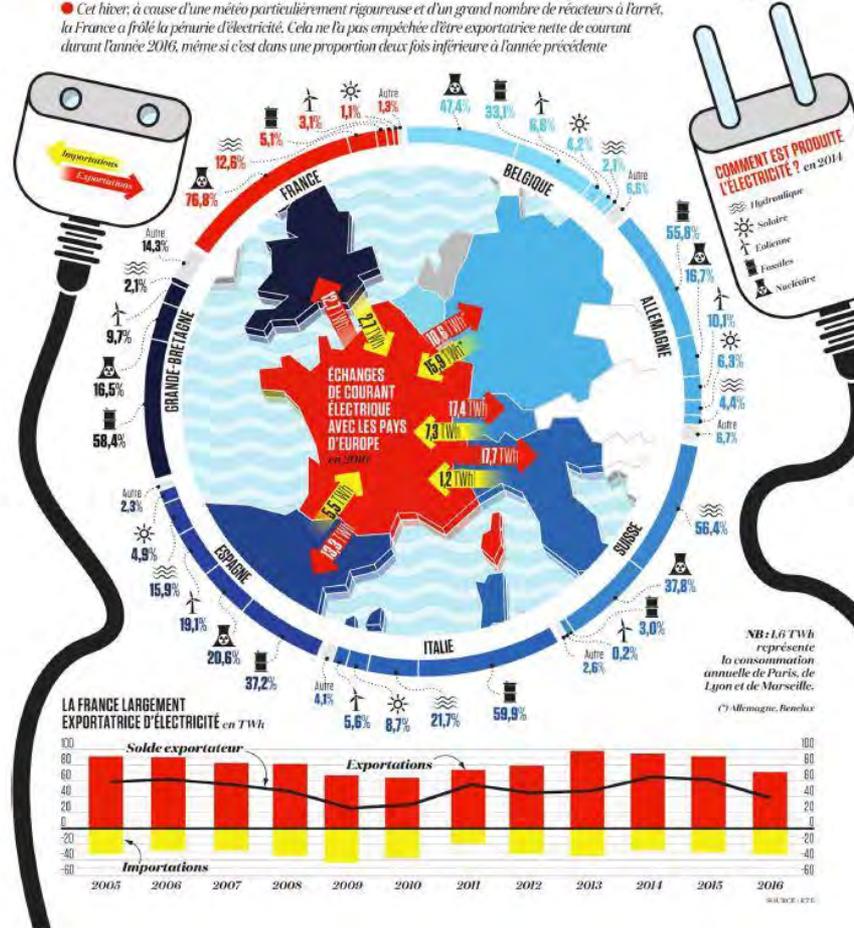
Evolution comparée du solde des échanges sur la frontière franco-allemande et de la production éolienne et photovoltaïque en Allemagne

# Chaque année, la France échange avec ses voisins européens

## L'INFOGRAPHIE

### Comment l'électricité s'échange en Europe

● Cet hiver, à cause d'une météo particulièrement rigoureuse et d'un grand nombre de réacteurs à l'arrêt, la France a frôlé la pénurie d'électricité. Cela ne l'a pas empêchée d'être exportatrice nette de courant durant l'année 2016, même si c'est dans une proportion deux fois inférieure à l'année précédente

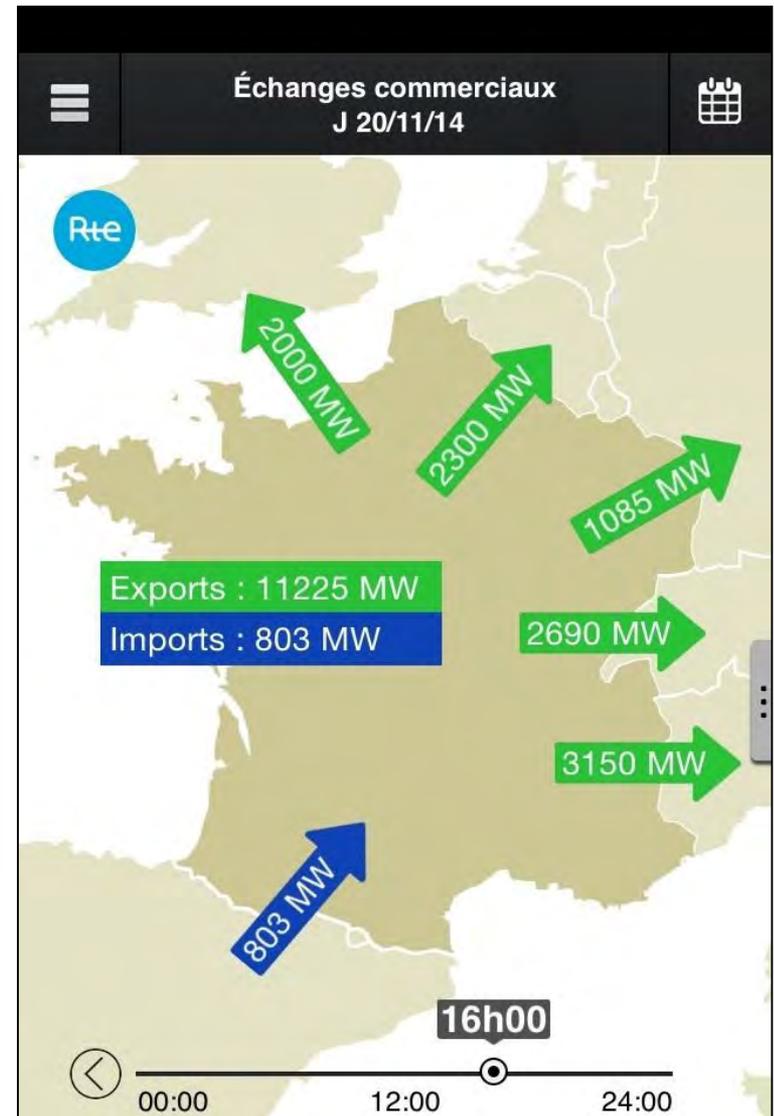
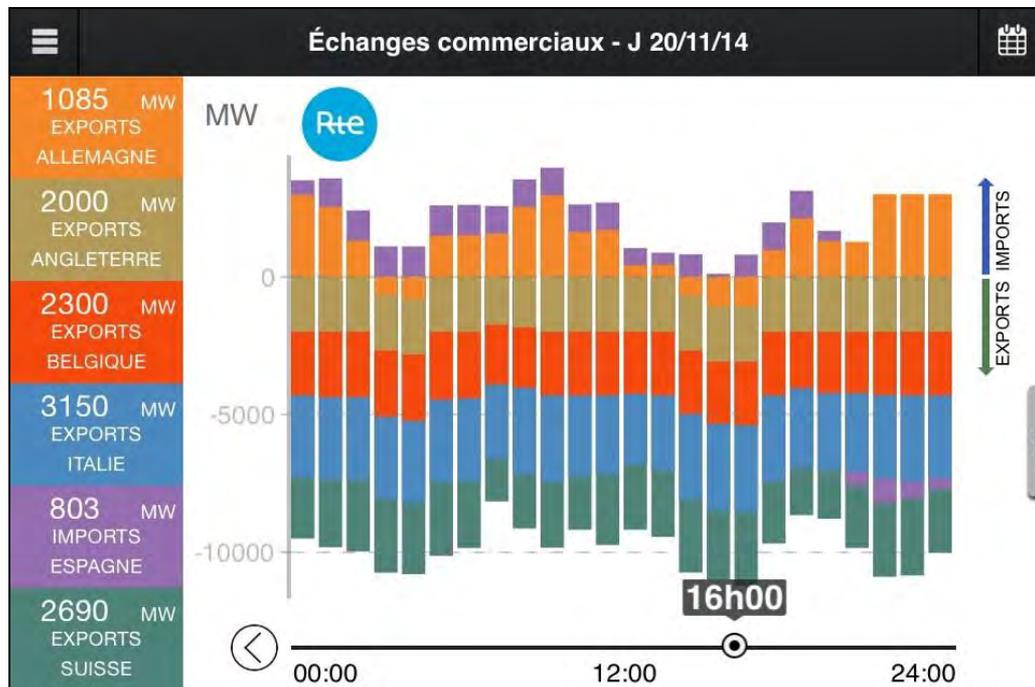


NB : 16 TWh représente la consommation annuelle de Paris, de Lyon et de Marseille.  
(\*) Allemagne, Espagne

# L'application éCO<sub>2</sub>mix

## Pour découvrir en temps réel les évolutions de l'électricité en France

Les échanges d'électricité avec les pays frontaliers



**Téléchargez  
gratuitement  
l'application dès  
maintenant !**



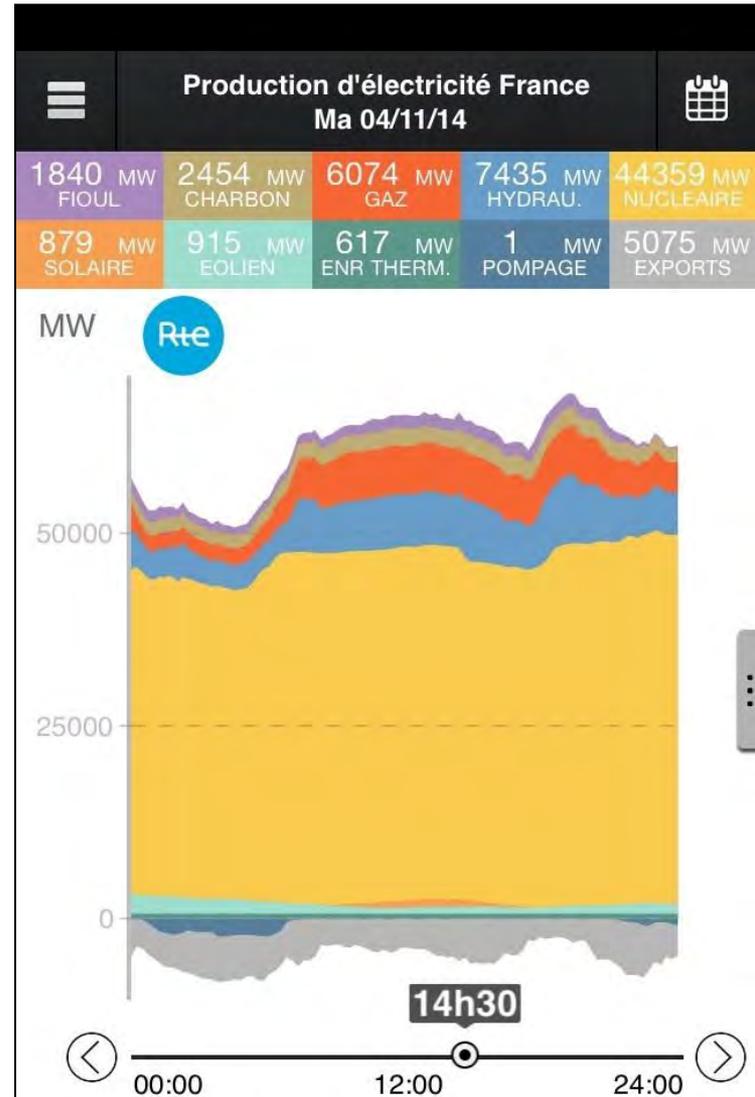
Et visitez le site internet :  
<http://www.rte-france.com/eco2mix>



# L'application éCO<sub>2</sub>mix

## Pour découvrir en temps réel les évolutions de l'électricité en France

Les variations de la consommation et de la production au fil des heures et des saisons



# Les objectifs énergie-climat

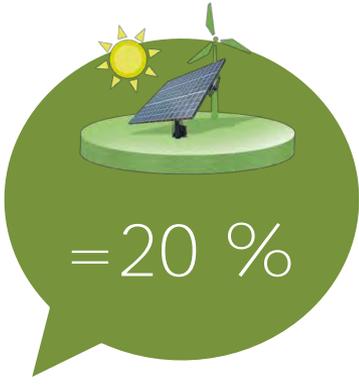
2020

Contraignant / national



Emissions de CO2, par rapport à 1990

Contraignant / national



De renouvelable dans l'énergie finale

Indicatif / Europe



Efficacité énergétique

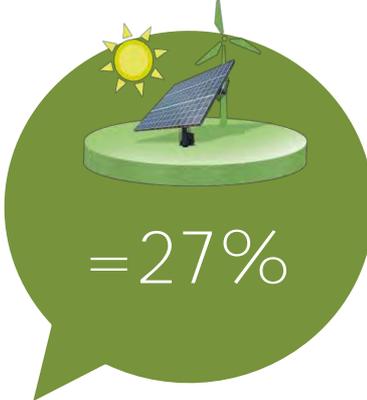
2030

Contraignant / national



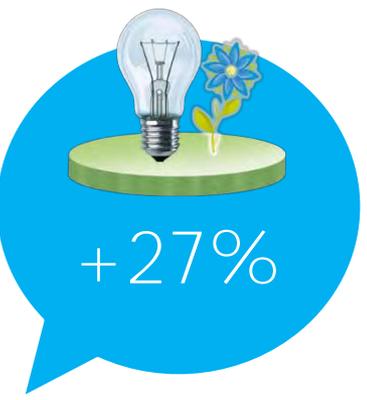
Emissions de CO2, par rapport à 1990

Contraignant / Europe



De renouvelable dans l'énergie finale

Indicatif / Europe



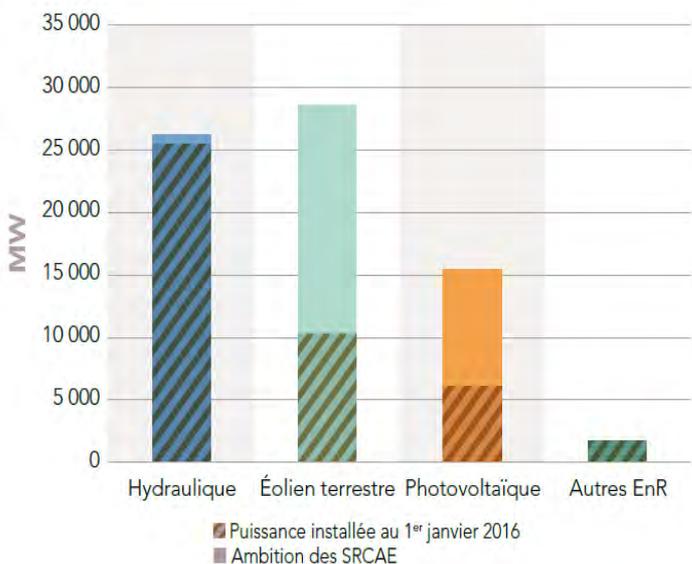
Efficacité énergétique

# Zoom sur les orientations françaises



# Territoires et énergies renouvelables

*Ambitions des SRCAE à 2020 sur l'ensemble de la France métropolitaine (hors Corse)*



*Ambitions des SRCAE pour l'éolien terrestre à 2020*



*Ambitions des SRCAE pour le photovoltaïque à 2020*

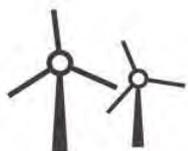


SRADDET



# La relance de l'éolien se confirme

## Éolien terrestre



+1 000 MW/an

Variante PPE à partir de 2018 :  
+2 000 MW/an

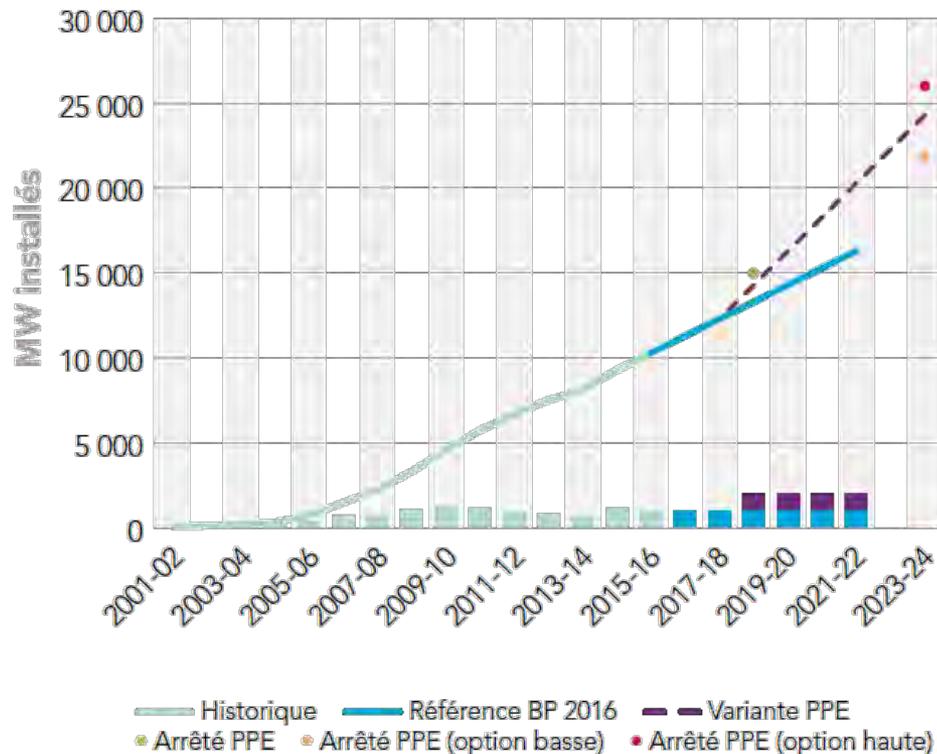
- L'éolien confirme sa relance

## Éolien en mer



+1 000 MW installés  
en 2019 et en 2020

### Hypothèses d'évolution du parc éolien terrestre en France





# Le développement du photovoltaïque est confirmé

## Photovoltaïque

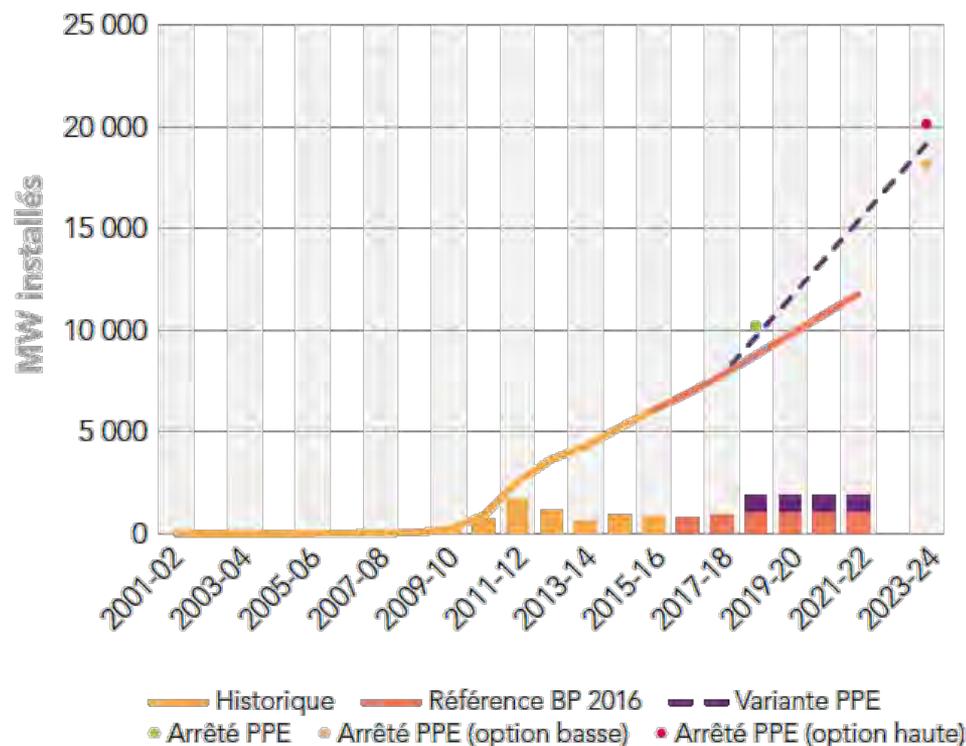


+1 000 MW/an

Variante PPE à partir de 2018 :  
+2 000 MW/an

- La filière photovoltaïque devrait voir sa capacité de production croître de 5000 MW d'ici 2021

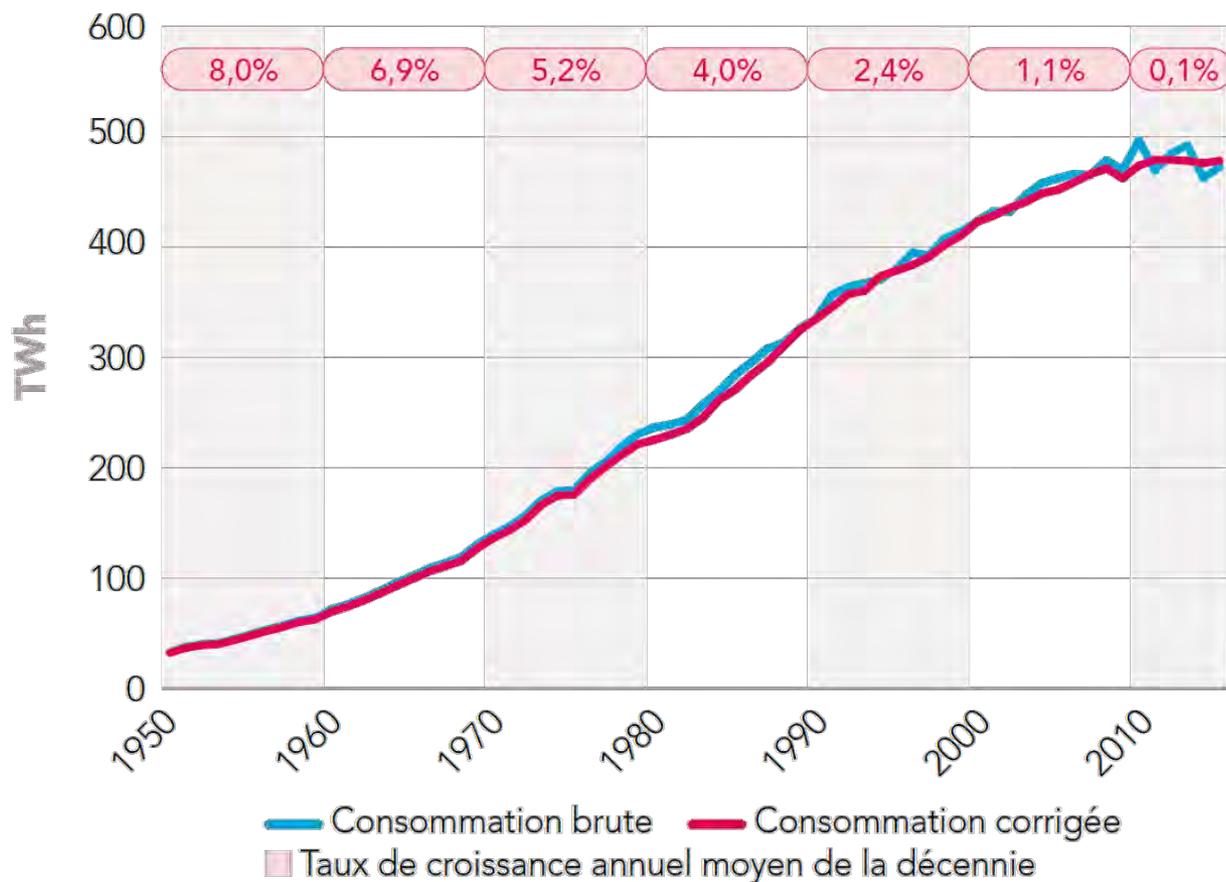
Hypothèses d'évolution  
du parc solaire photovoltaïque en France





# La demande d'électricité est de moins en moins dynamique...

Consommation d'électricité en France continentale  
et taux de croissance annuel moyen par décennie  
hors enrichissement d'uranium





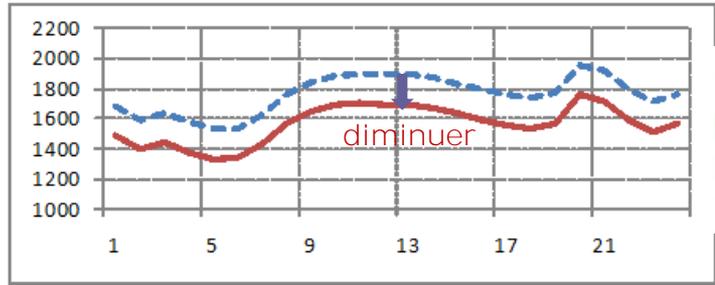
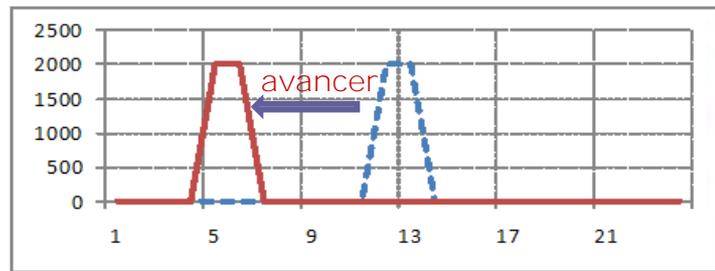
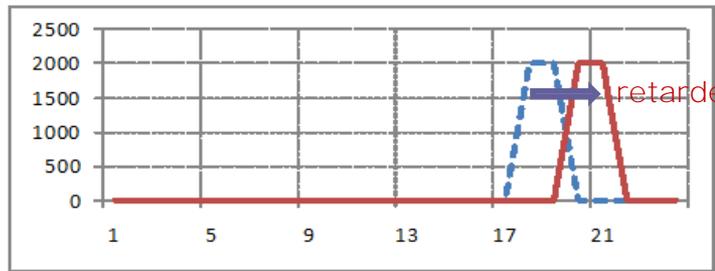
# Scénario Nouveau Mix, conforme aux objectifs 2030

- La part du nucléaire est abaissée à 50% (37,6 GW de capacité),
- Les EnR couvrent 40% des besoins (27,6 GW d'éolien terrestre, 9 GW d'éolien en mer, 24,1 GW de photovoltaïque et 3 GW d'hydrolien),
- 2GW de capacités de stockage sont développés,
- 18 GW hydraulique,
- L'effort d'efficacité énergétique est porté à 22%, pour atteindre 481 TWh consommés par an. Pour y parvenir, 400.000 logements sont rénovés chaque année et 22 millions de m<sup>2</sup> de tertiaire,
- 24GW de capacité d'importation,
- Les VE et VHR sont déployés fortement pour atteindre un parc de 6,9 millions d'unités (14,6 TWh).

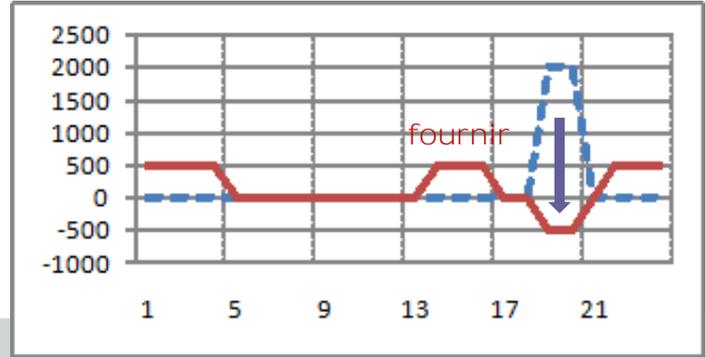
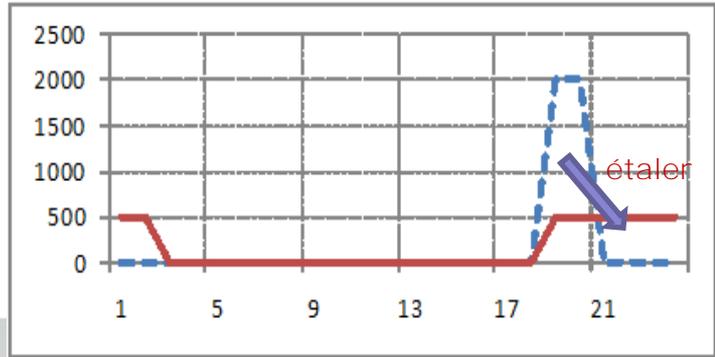
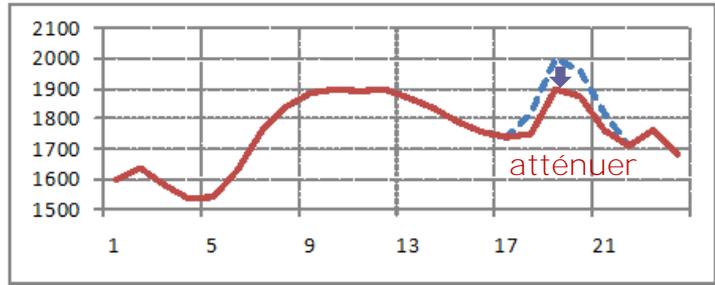
# SOUHAIT D'UN CONSOMMATEUR IMPLIQUÉ



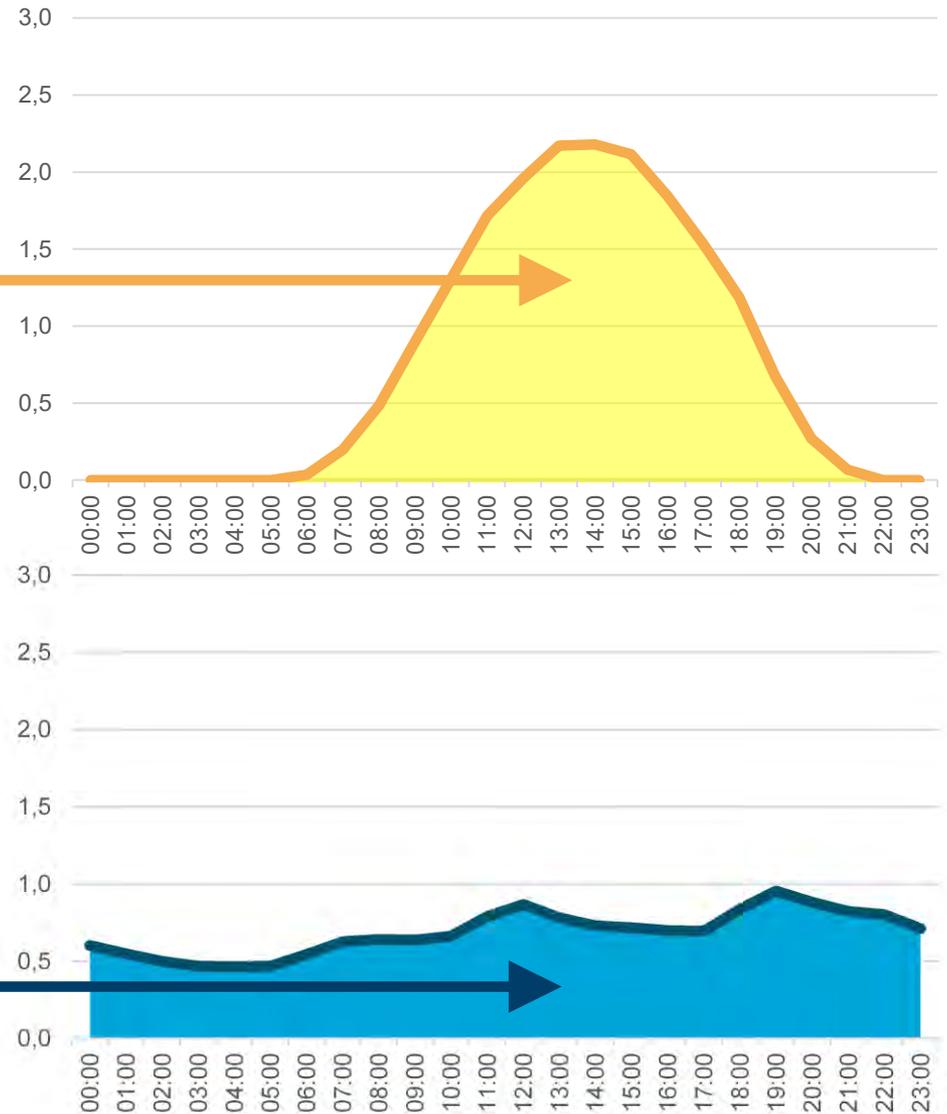
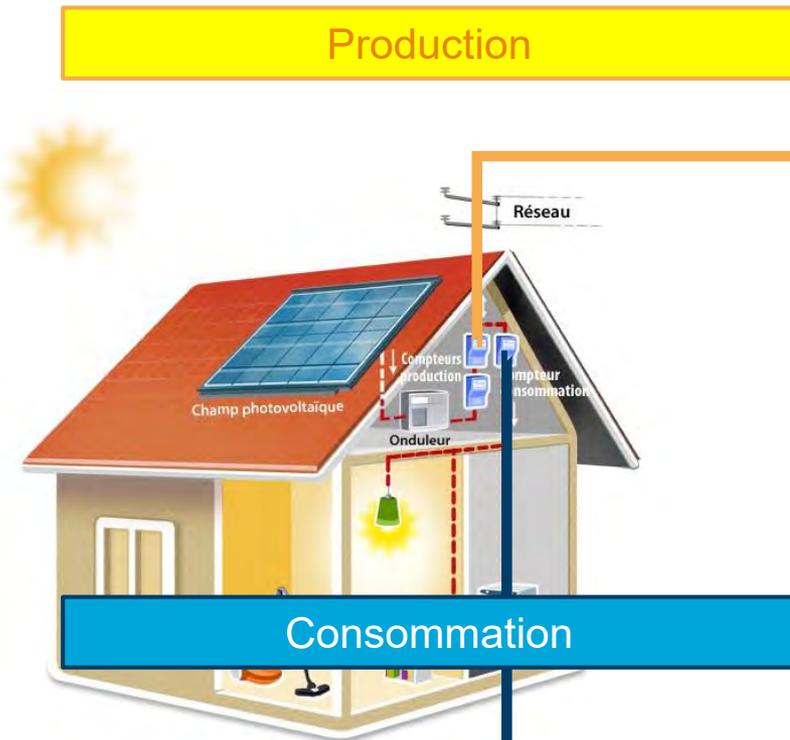
Différentes stratégies d'action sur la courbe de charge



=> MDE



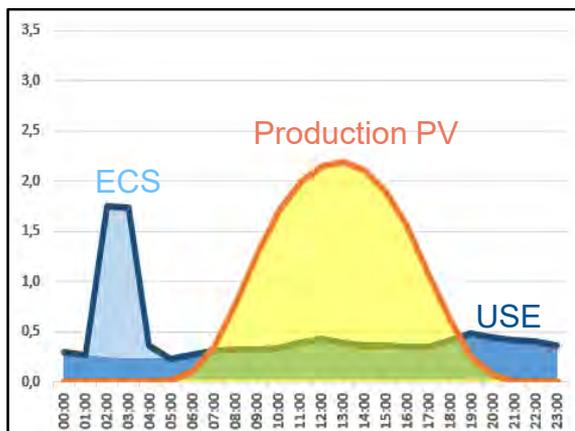
# AUTO-CONSOMMATION



# ILLUSTRATIONS DU PILOTAGE DE L'ECS ET DE L'IMPACT D'UNE BATTERIE

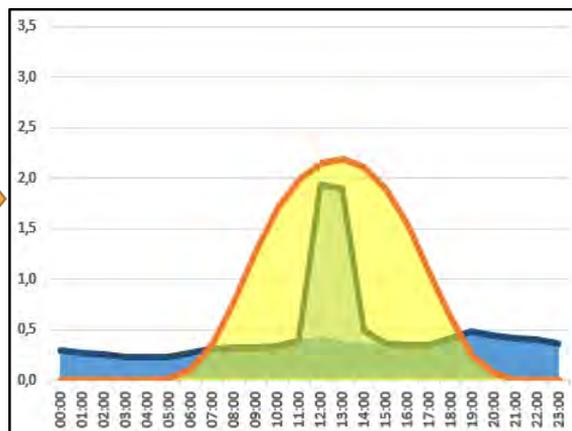
Cas d'un client à Nice avec 3kW de PV dans la situation actuelle

Exemple sur une journée d'été



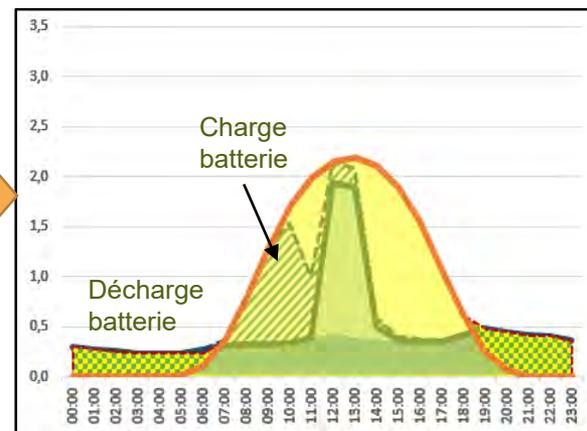
conso	9 578	prod	4 357
soutirage	7 397	injection	2 176
autoprod	23%	autoconso	50%

Déplacement ECS



conso	9 578	prod	4 357
soutirage	6 795	injection	1 574
autoprod	29%	autoconso	64%

Batterie (2kWh)



conso	9 578	prod	4 357
soutirage	5 931	injection	626
autoprod	38%	autoconso	86%

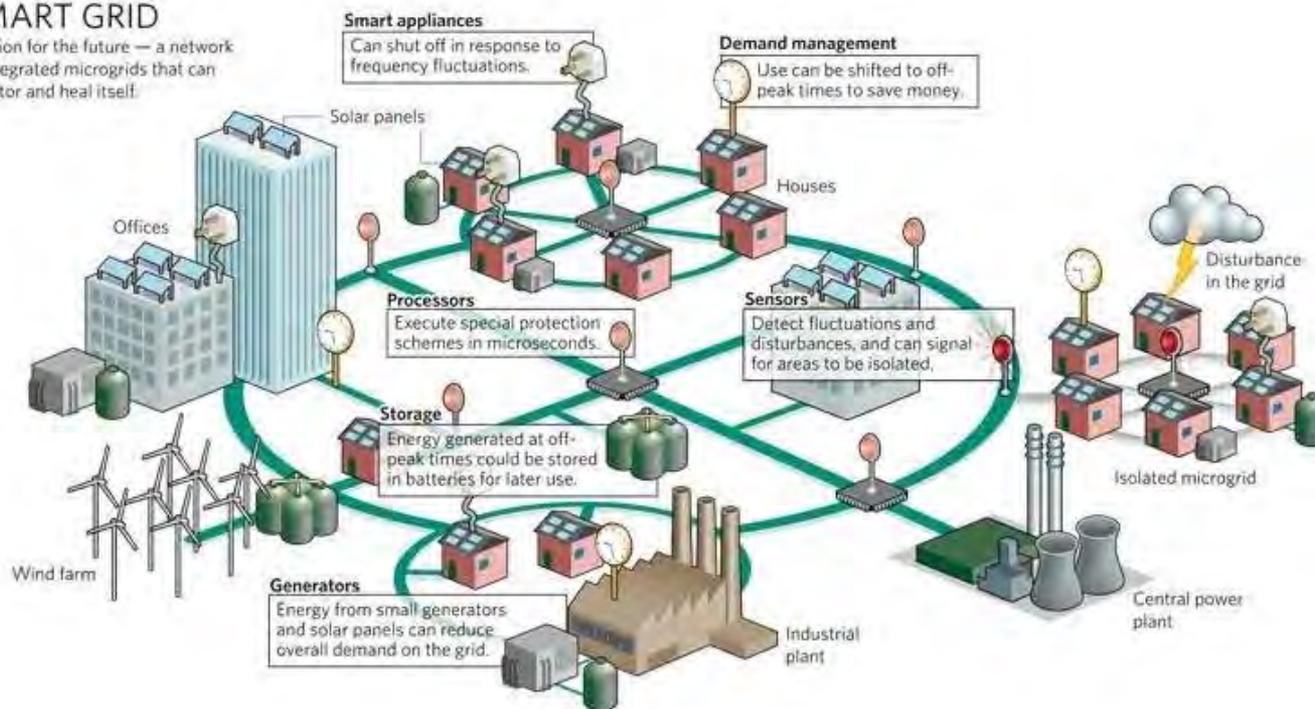
# Communautés Energetiques ?

## Intégration des EnR

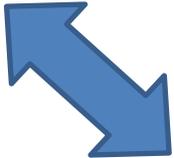
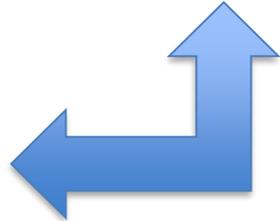
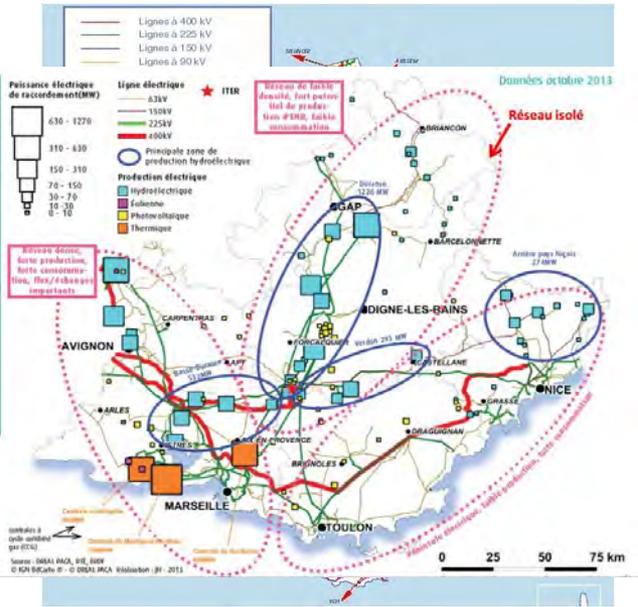
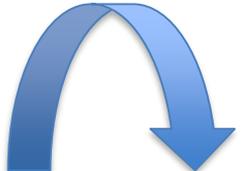
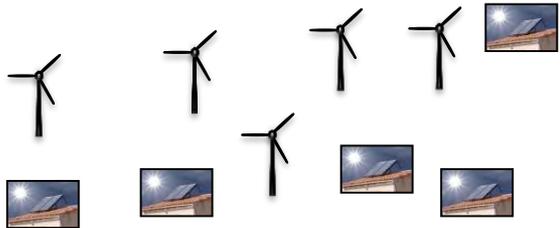
## Intégration et valorisation des nouveaux leviers de flexibilité (VPP, agrégateurs, etc...)

### SMART GRID

A vision for the future — a network of integrated microgrids that can monitor and heal itself.



# Un Système Intelligent optimise les ressources en temps réel



- 
- **Merci de votre attention !**

Michel.bena@rte-france.com

