

---

# Quels impacts des EnR et du stockage sur le réseau européen à l'horizon 2050 ?

Nathalie Grisey, RTE, R&D

# Le réseau à quoi ça sert ? (1/2)

Deux rôles clés historiques pour le réseau électrique :

- Le **rapprochement géographique** pour acheminer l'électricité des sites de production éloignés vers la consommation.

Historiquement :

- accès à la production hydraulique (1<sup>er</sup> moyen renouvelable et de stockage)
- production thermique nécessitant une source froide
- économie d'échelle sur les grandes centrales

- La **mutualisation des moyens de flexibilité**:

- Le foisonnement des aléas de défaillance : le réseau permet d'avoir 1 moyen de secours pour N moyens de productions, c'est l'origine des premières interconnexions
- Le foisonnement des aléas de production et consommation variables : en France, ~100GW de production pour ~700GW de puissance souscrite par les clients
- La complémentarité des profils de production et consommation : l'éolien et le solaire ne produisent pas en même temps

# Le réseau à quoi ça sert ? (2/2)

Historiquement le réseau de transport a un coût négligeable par rapport aux moyens de production : on optimise le placement de la production puis le réseau

- Ordres de grandeur des coûts actuels :
  - Nucléaire : 5000 M€/GW
  - CCG : 1000 M€/ GW
  - Eolien onshore : 1800 M€/GW
  - PV : 1600 M€/GW
  - Ligne aérienne 400kV: 50M€/GW sur 100 km

NB : l'argument économique n'est pas toujours le seul

# Contenu

---

- 1) Scénarios e-Highway2050
- 2) Impacts sur l'équilibre offre demande européen
- 3) Impacts sur le réseau européen

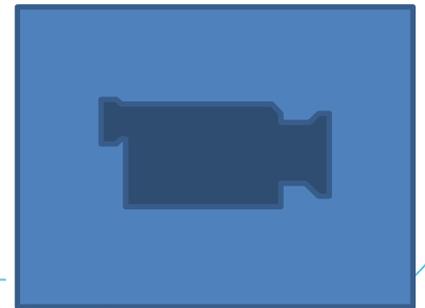
# Le projet e-Highway2050

- Projet financé par la Commission européenne de 2012 à 2015

- 28 partenaires : GRT, universitaires, associations d'industriels



- Objectifs :
  - Identifier les besoins de réseau majeurs en Europe à l'horizon 2050
  - Développer de nouvelles méthodes pour la planification de réseau

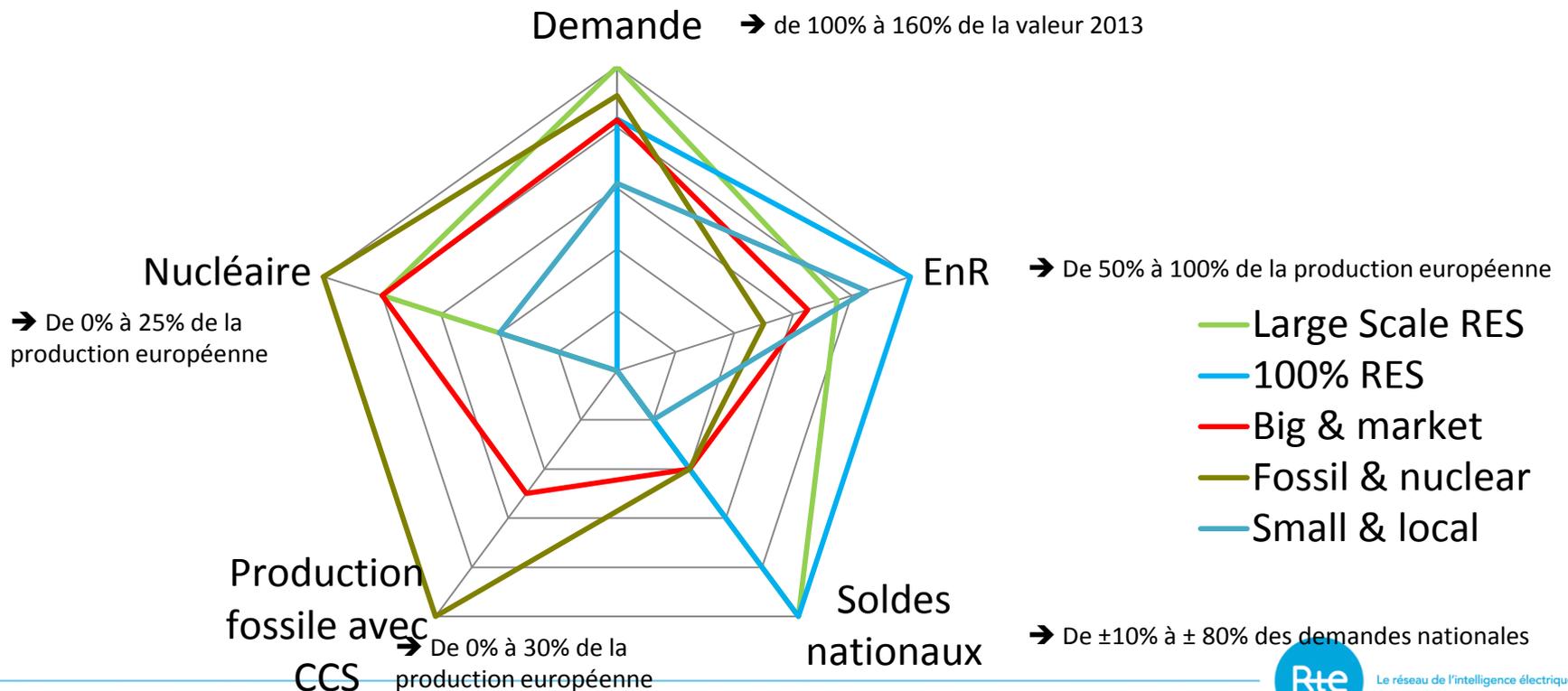


---

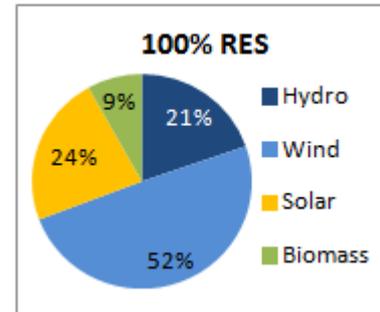
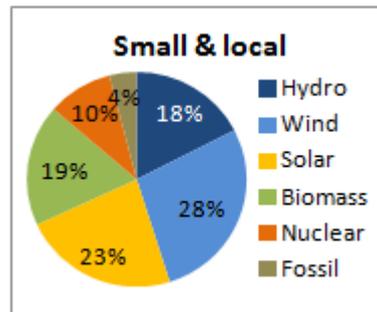
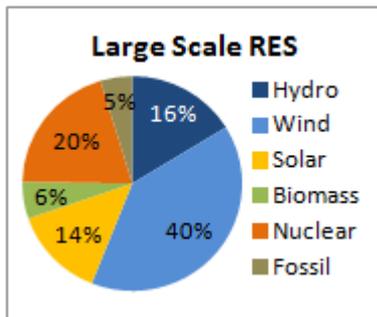
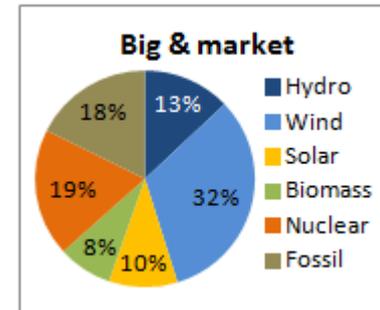
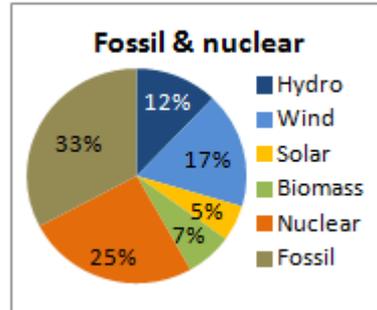
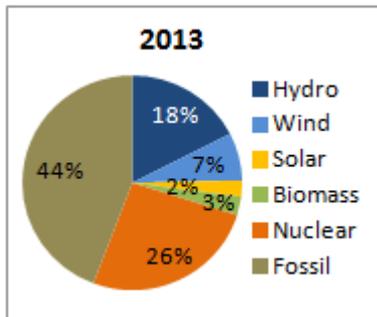
# Scénarios à 2050

# Présentation des scénarios

- Point commun : réduction de 95% des émissions de CO2
- 5 scénarios européens sélectionnés pour couvrir un grand champ de possibles selon les éléments suivants :

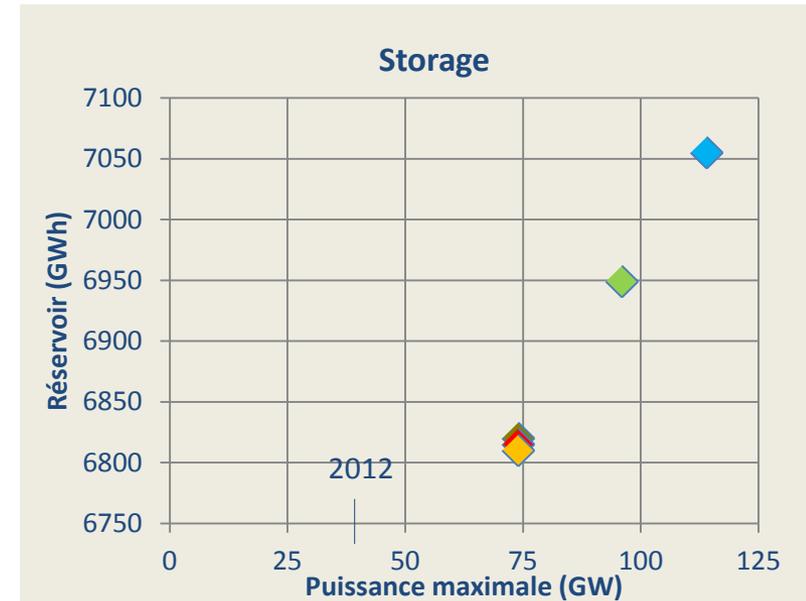
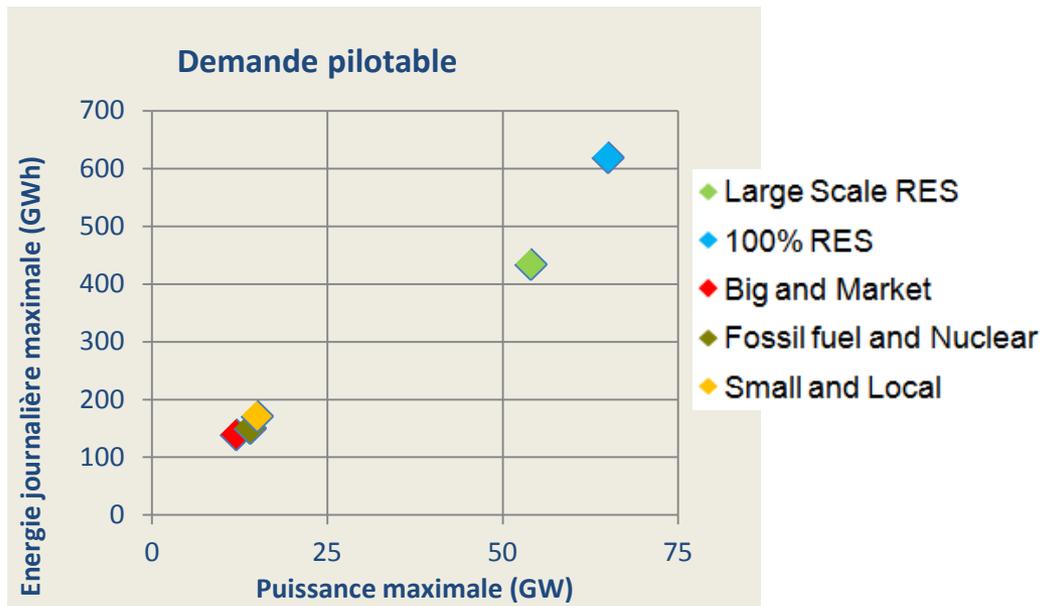


# Mix électrique européen



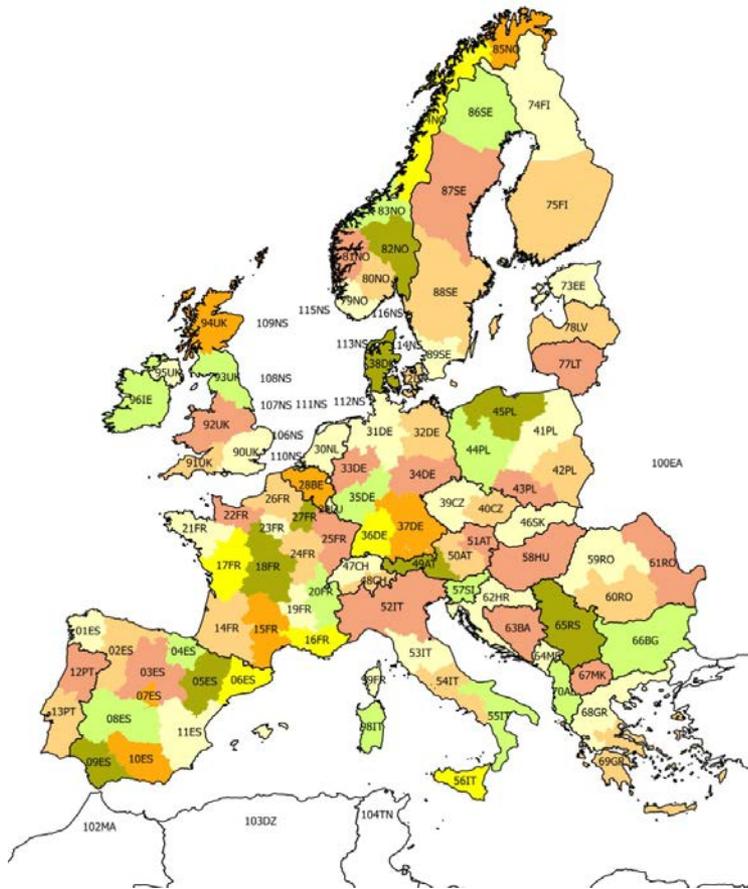
# Hypothèses sur le pilotage de la demande et le stockage

- Demandes pouvant être décalées au sein d'une journée: un % des véhicules électriques, un % du chauffage électrique et un % des autres usages.
- La localisation et les caractéristiques du stockage sont celles de STEP



# Modélisation de 100 zones en Europe

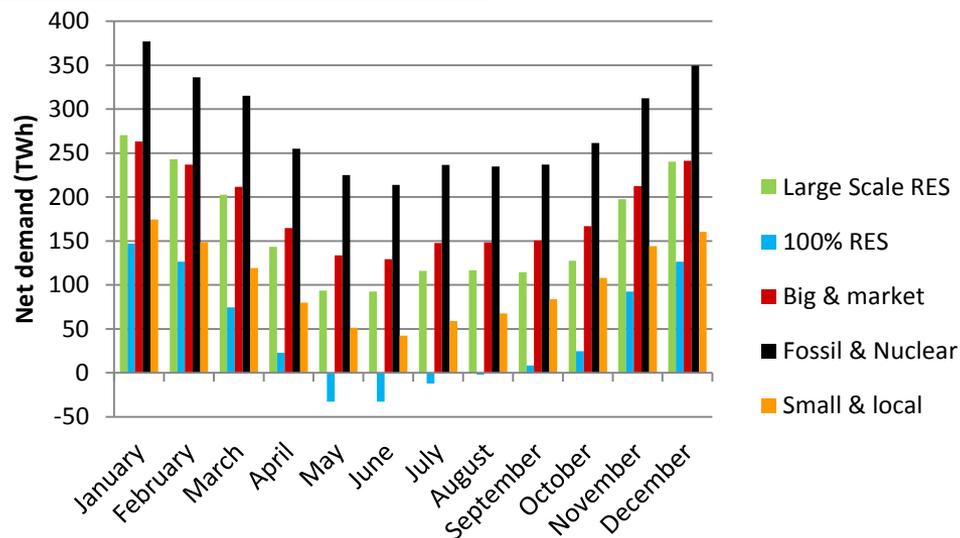
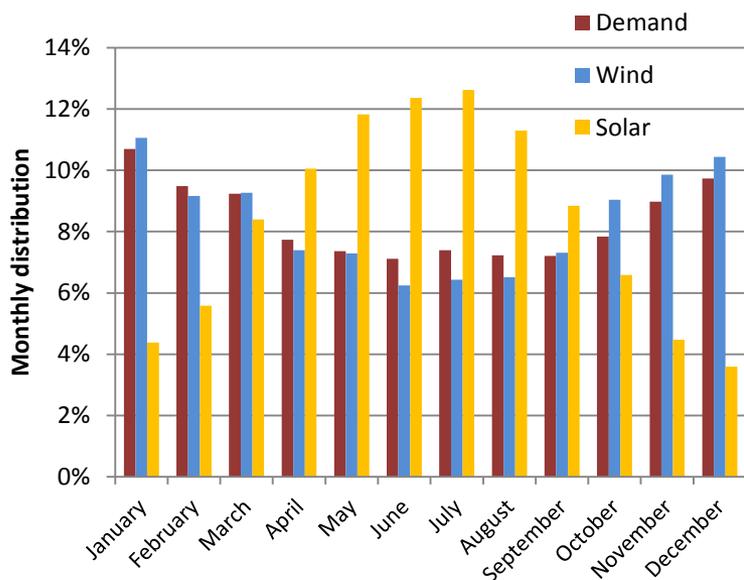
- ✓ Hypothèses de production, de consommation, de stockage à 2050 pour une centaine de zones
- ✓ Réseau 2030 pour débiter l'étude





# Impacts sur l'équilibre offre demande européen

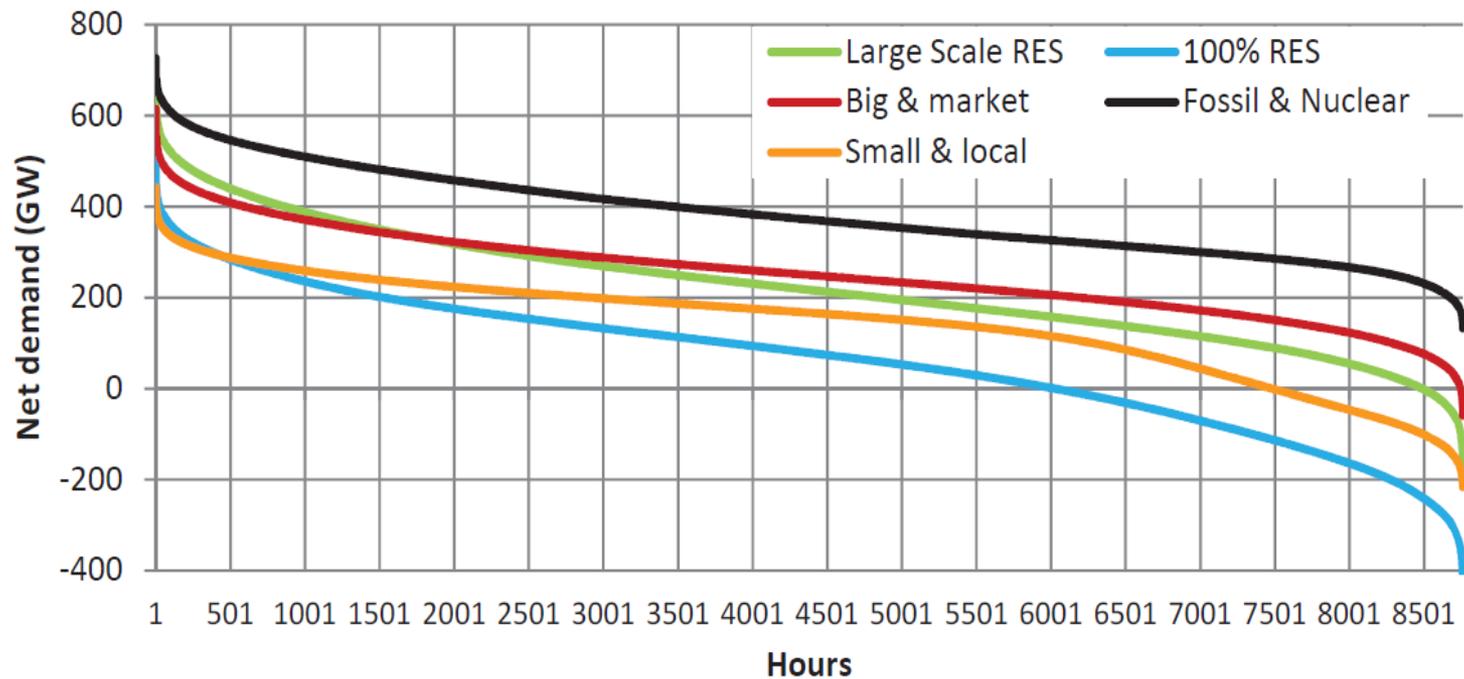
# Profils saisonniers



- Dans 4 scénarios sur 5, même avec un réseau infini et des moyens de stockage, une part de l'énergie renouvelable ne peut être consommée. Cela représente jusqu'à 6% de la production solaire et éolienne annuelle.

# Pointe de demande

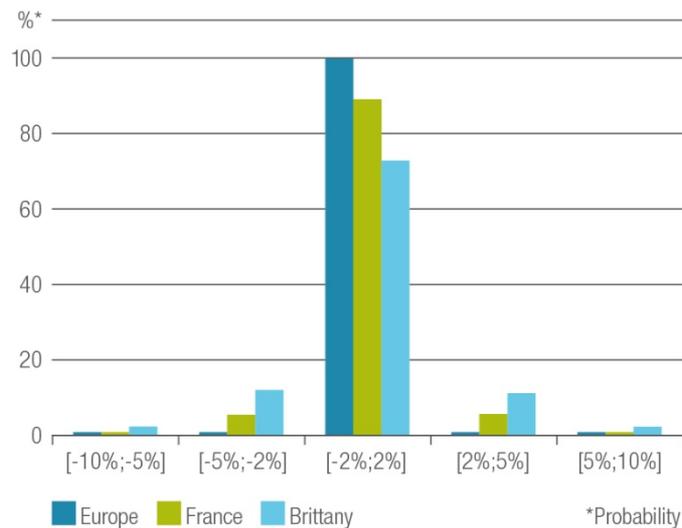
- Même en présence de beaucoup de renouvelable, la pointe de demande résiduelle est très importante. Cette pointe doit être assurée par le thermique dispatchable, l'hydraulique, le stockage et la flexibilité de la demande



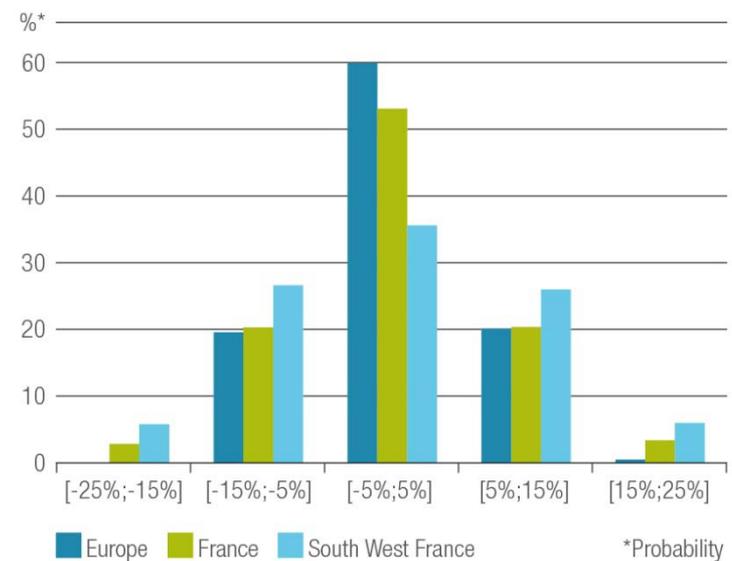
# Variabilité horaire des EnR

- La fluctuation de la production EnR à l'échelle européenne est plus faible

Variation horaire du facteur de charge éolien



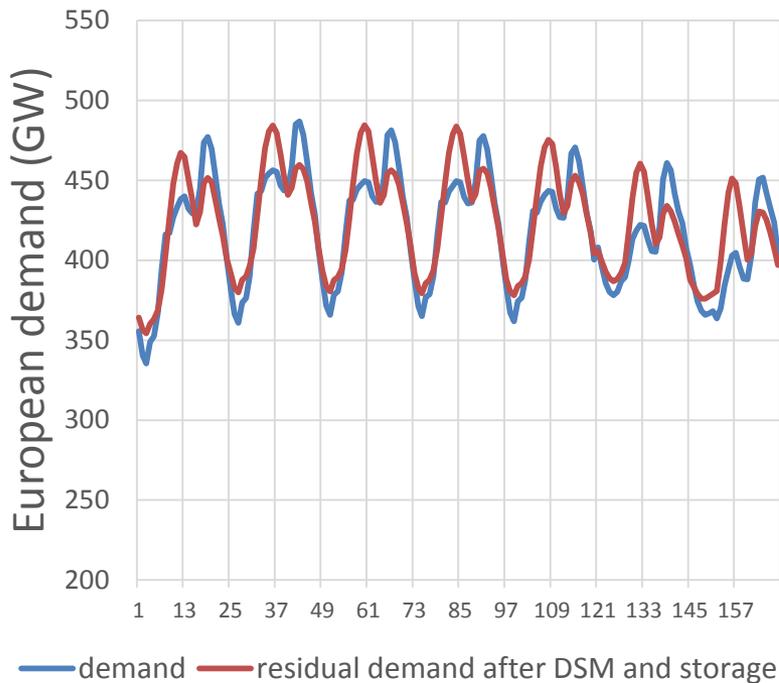
Variation horaire du facteur de charge solaire



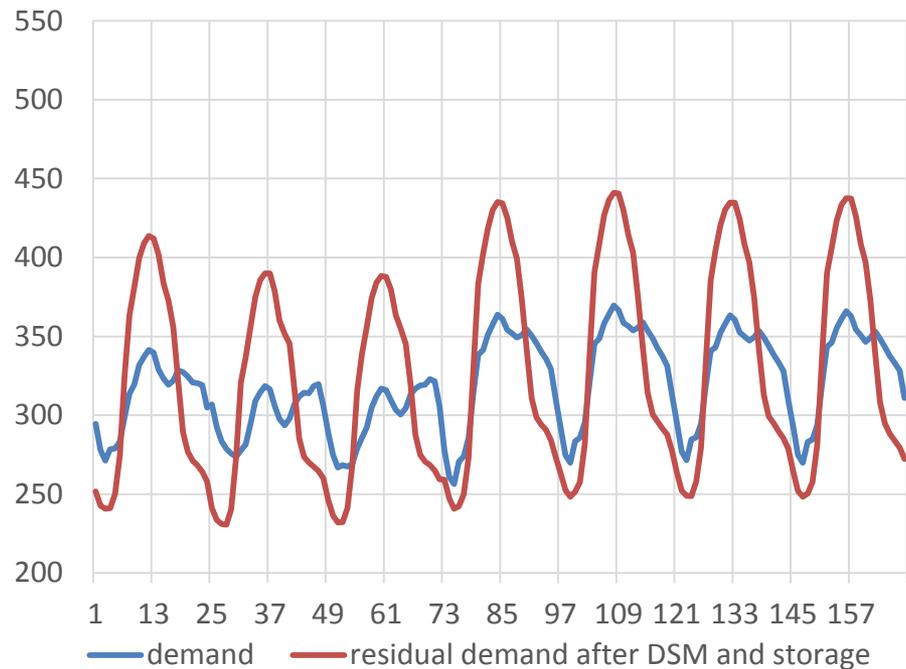
# Impact du stockage et de la flexibilité de la demande

- Le stockage et la demande flexible permettent de décaler la demande aux heures de production solaire

Small & local - typical week of January

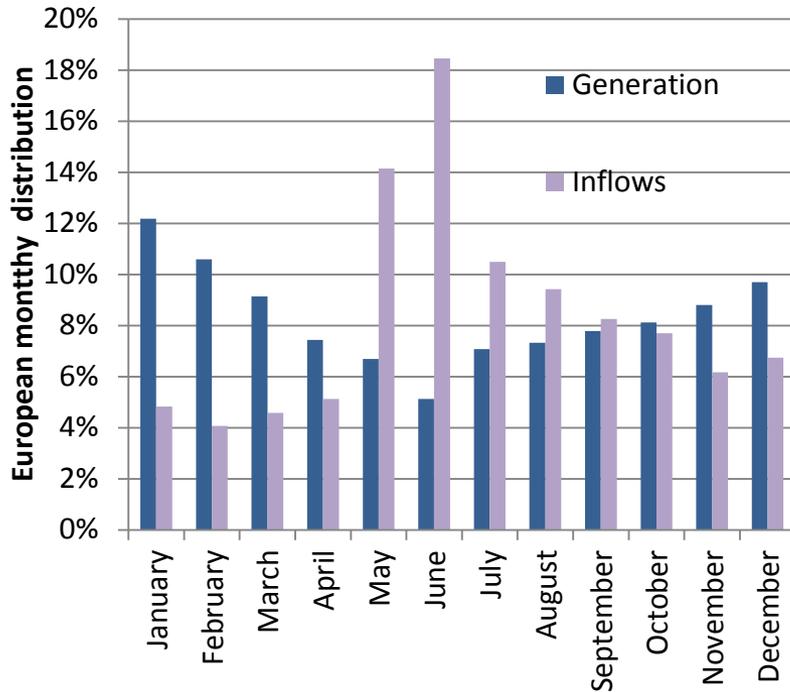


Small & local - typical week of June

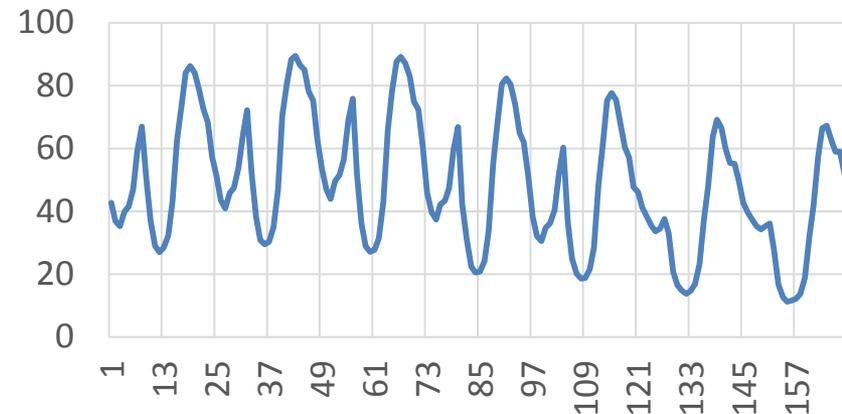


# Comportement de l'hydraulique (hors STEP)

- L'hydraulique est une source importante de stockage saisonnier et journalier



Small & local - European hydro generation (GW)- typical week of january



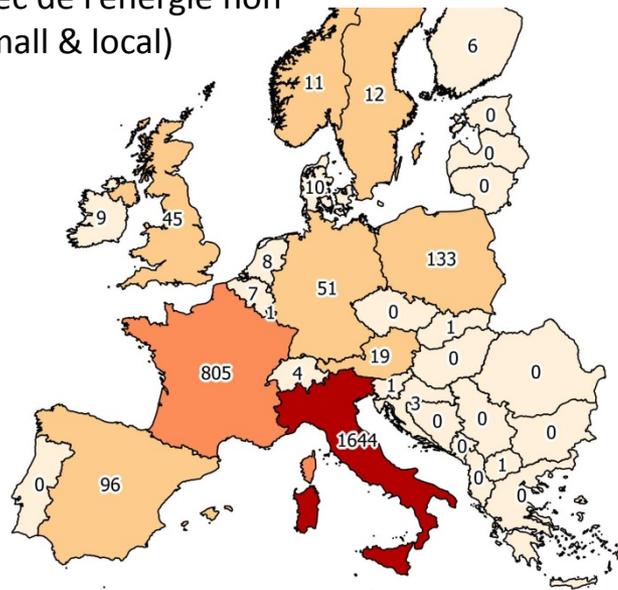
---

# Impacts sur le réseau européen

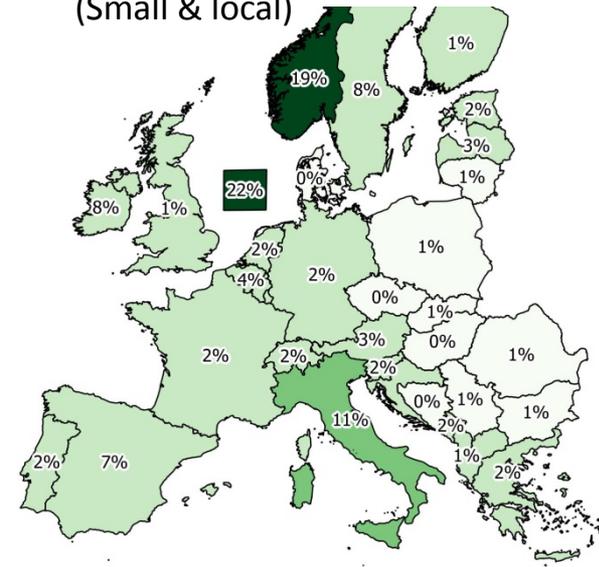
# Limites du réseau 2030

La combinaison des scénarios 2050 et du réseau 2030 fait apparaître certains problèmes:

Nombre d'heures avec de l'énergie non distribuée (Small & local)



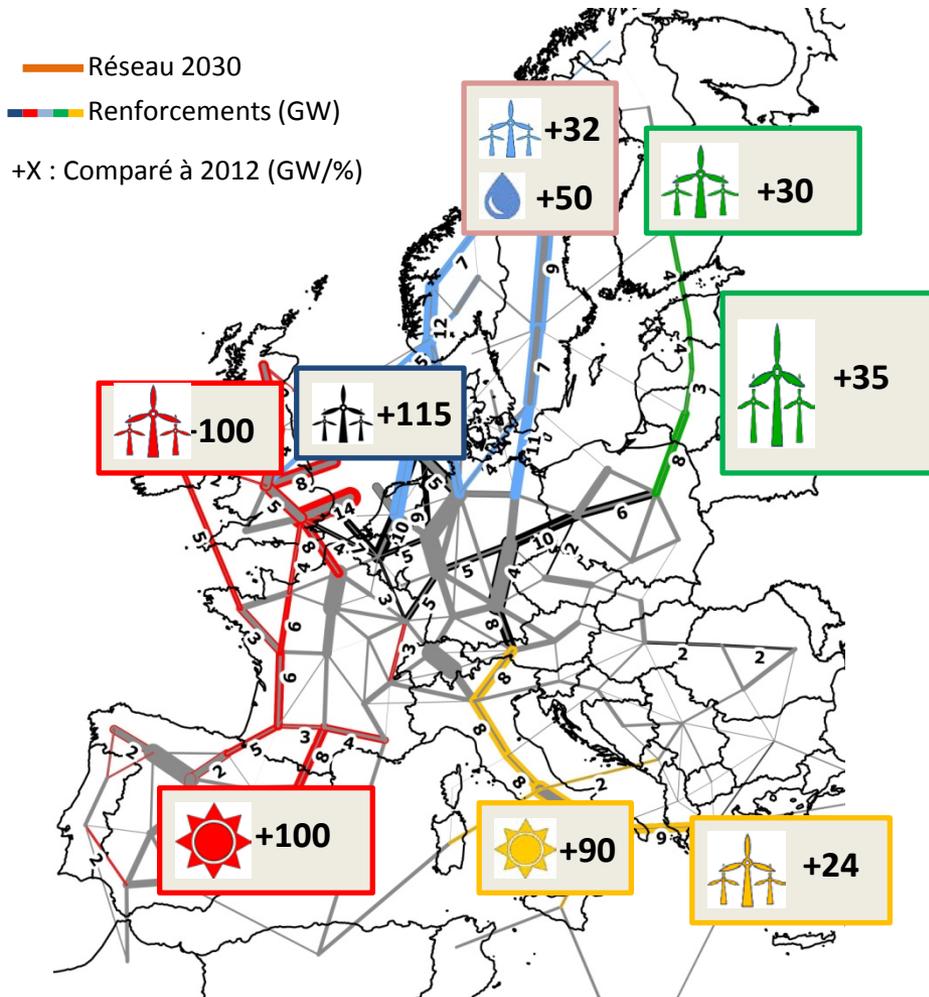
% de la production EnR écrêtée (Small & local)



Plusieurs solutions ou combinaison de solutions sont envisageables : stockage décentralisé, stockage saisonnier, re-localisation de la production...

➤ e-Highway2050 en a optimisé une seule : le développement de réseau

# Résultats - 100% RES

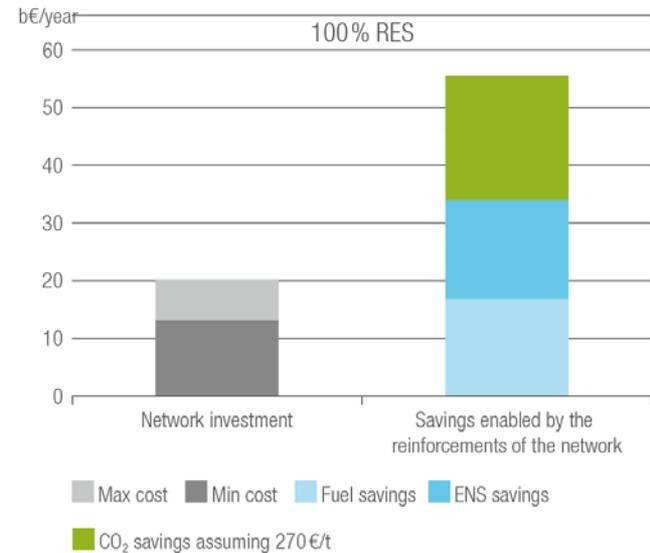


NB : seuls quelques éléments déclencheurs sont affichés

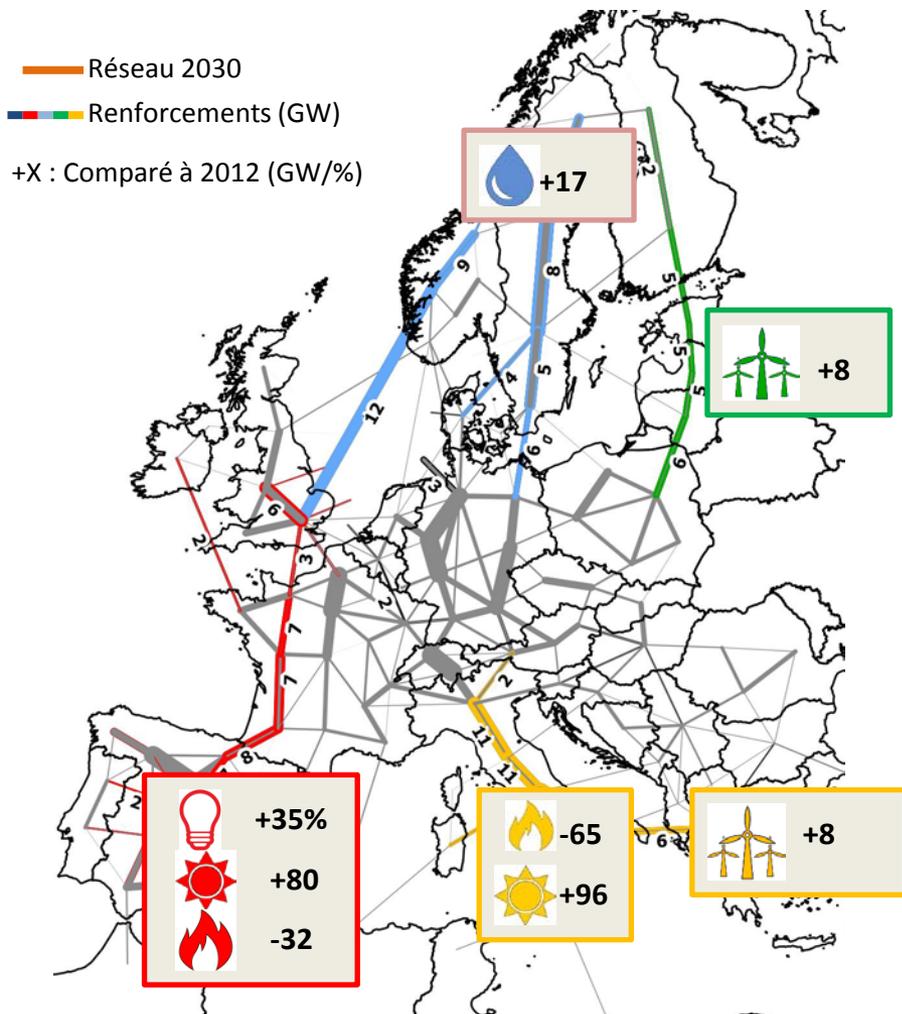
Par an:

- ✓ 51 TWh d'END évités
- ✓ 465 TWh d'écrêtement évités
- ✓ 39 Mrd € de réduction du coût de production

Coût d'investissement: 245-345 Mrd €



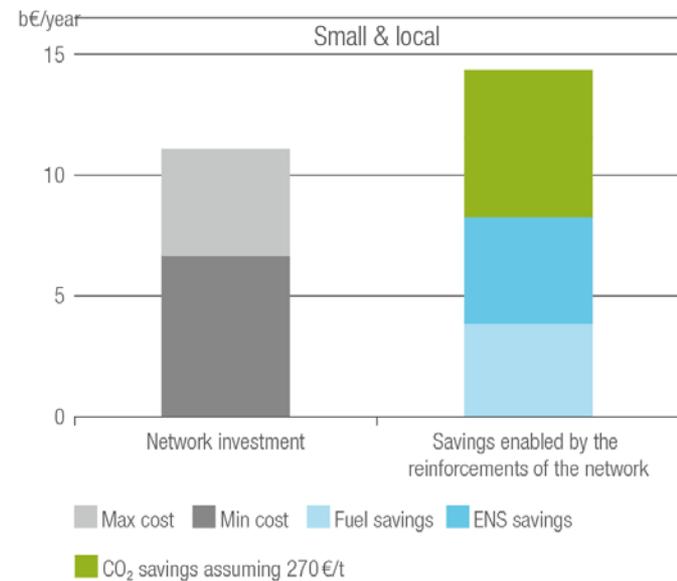
# Résultats – Small & local



Par an:

- ✓ 5 TWh d'END évités
- ✓ 47 TWh d'écrêtement évités
- ✓ 10 Mrd € de réduction du coût de production

Coût d'investissement: 110-190 Mrd €



NB : seuls quelques éléments déclencheurs sont affichés



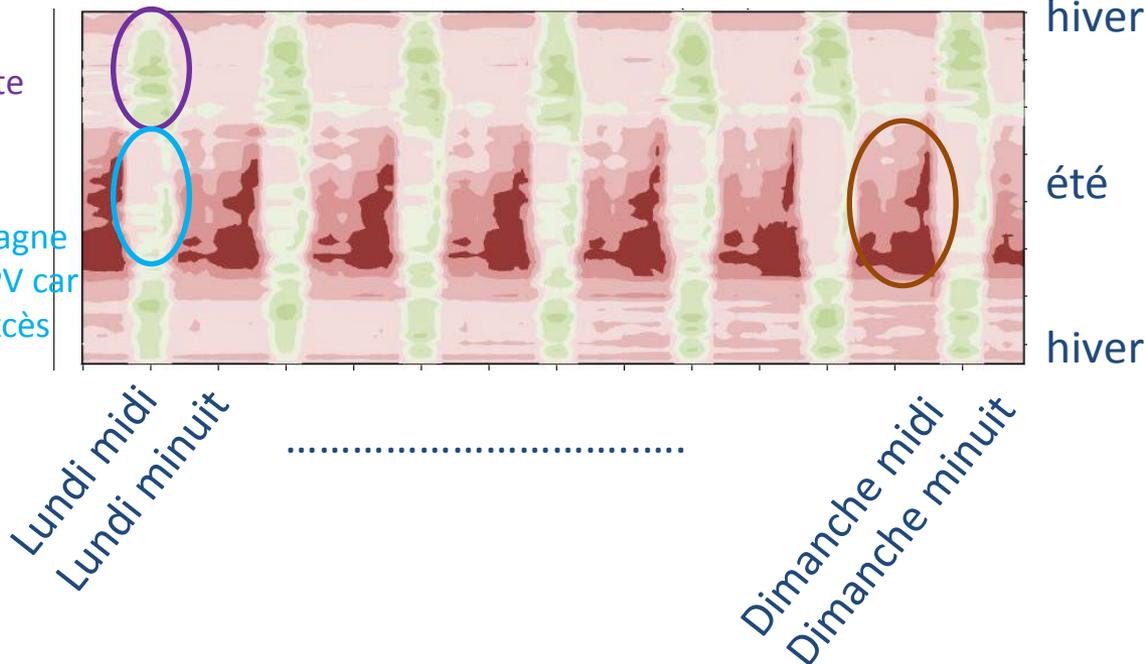
# Exemple de flux à la frontière France Espagne

- Scénario *Small & local*
- Profil des flux Espagne vers France sur la liaison ouest

Vert : export de l'Espagne, rouge : import

Midi en hiver :  
l'Espagne exporte  
du PV

Midi en été : l'Espagne  
n'exporte pas de PV car  
il y en a déjà en excès  
dans le reste de  
l'Europe



Le maximum d'import  
se produit en été  
pendant la nuit  
(excédent en Europe du  
Nord)

# Conclusion

En présence de beaucoup d'EnR et même avec un niveau important de stockage, on retrouve l'intérêt du réseau pour :

- ✓ Transporter la production vers la consommation
  - *Depuis par exemple les parcs offshore en mer du Nord ou les centrales hydrauliques scandinaves*
  
- ✓ Profiter du foisonnement des aléas
  - *L'éolien varie beaucoup moins à l'échelle européenne que locale*
  - *Peu de groupes sont défaillants en Europe en même temps*
  
- ✓ Profiter de la complémentarité des profils de consommation et production
  - *L'éolien (plutôt au nord) produit toute la journée, surtout l'hiver. Le solaire (plutôt au sud) produit autour de midi, surtout l'été*
  - *La pointe consommation dans les pays du Nord est en hiver. Au Sud, elle est en été*

# Perspectives

- Il faut considérer le système électrique dans son ensemble : production, réseau et stockage. Il y a un arbitrage « socio – technico - économique » pour trouver la solution optimale. Dans e-Highway, c'est principalement l'aspect réseau qui a été étudié.
- Pour permettre le bon fonctionnement du système électrique, d'autres enjeux sont aussi à considérer :
  - Stabilité
  - Règles de marché
  - ...
- La plupart des données du projet e-Highway2050 sont publiques et peuvent être utilisées pour alimenter d'autres études !



Le réseau de l'intelligence électrique

**Merci de votre attention**



Le réseau de l'intelligence électrique



Le réseau de l'intelligence électrique

# Annexes

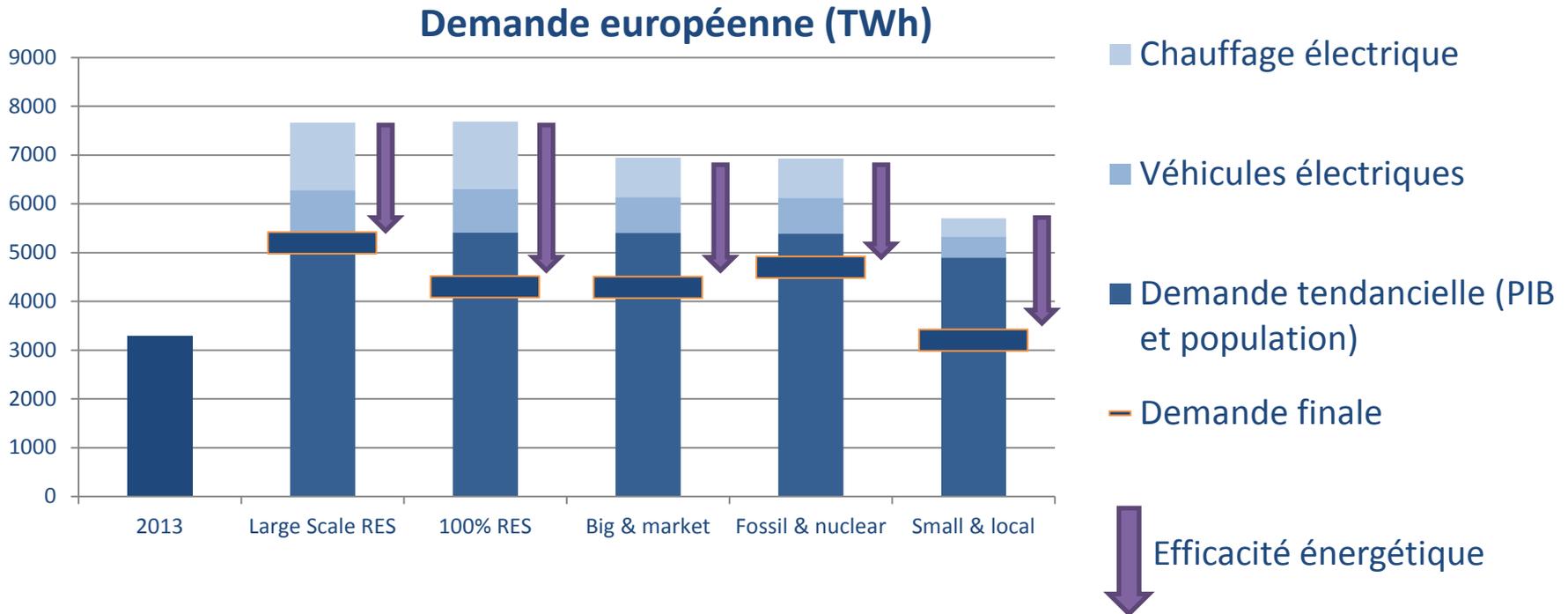


Le réseau de l'intelligence électrique

# Demande

Pour chaque scénario, hypothèses sur :

- La croissance économique et la population
- Les nouveaux usages
- L'efficacité énergétique



# Hypothèses de parc de production européen

