

Focus Hydro  
**Stockage et flexibilité**  
Grenoble 07/12/2018

**Un mix électrique aux productions  
intermittentes accrues.**

Problèmes soulevés et ébauches de solutions.

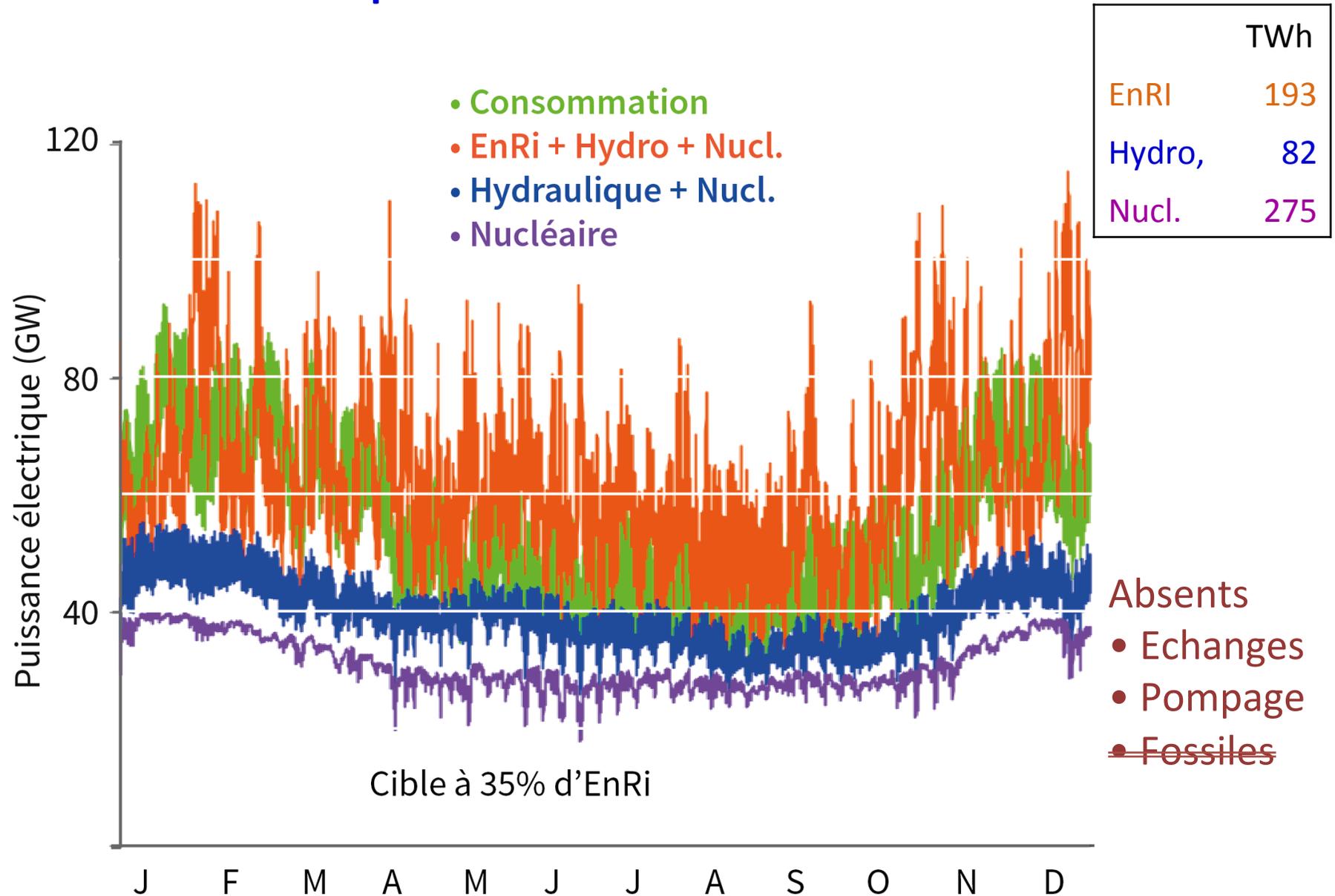
D. Grand, A. Latrobe, C. Le Brun, R. Vidil

GIRE

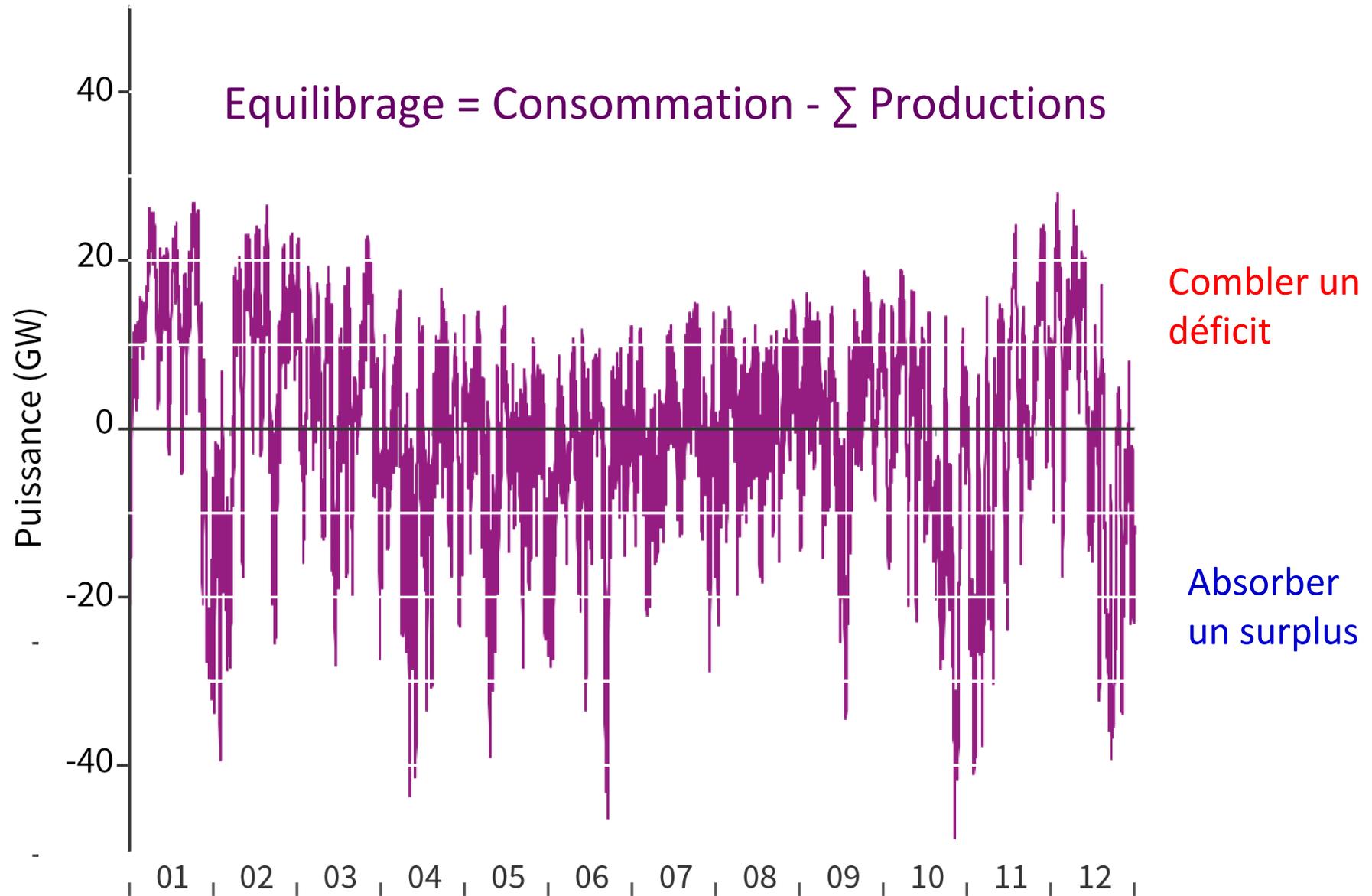
<http://www.realisticenergy.info>

# **Le mix électrique prévu par la PPE en 2035 : fonctionnement**

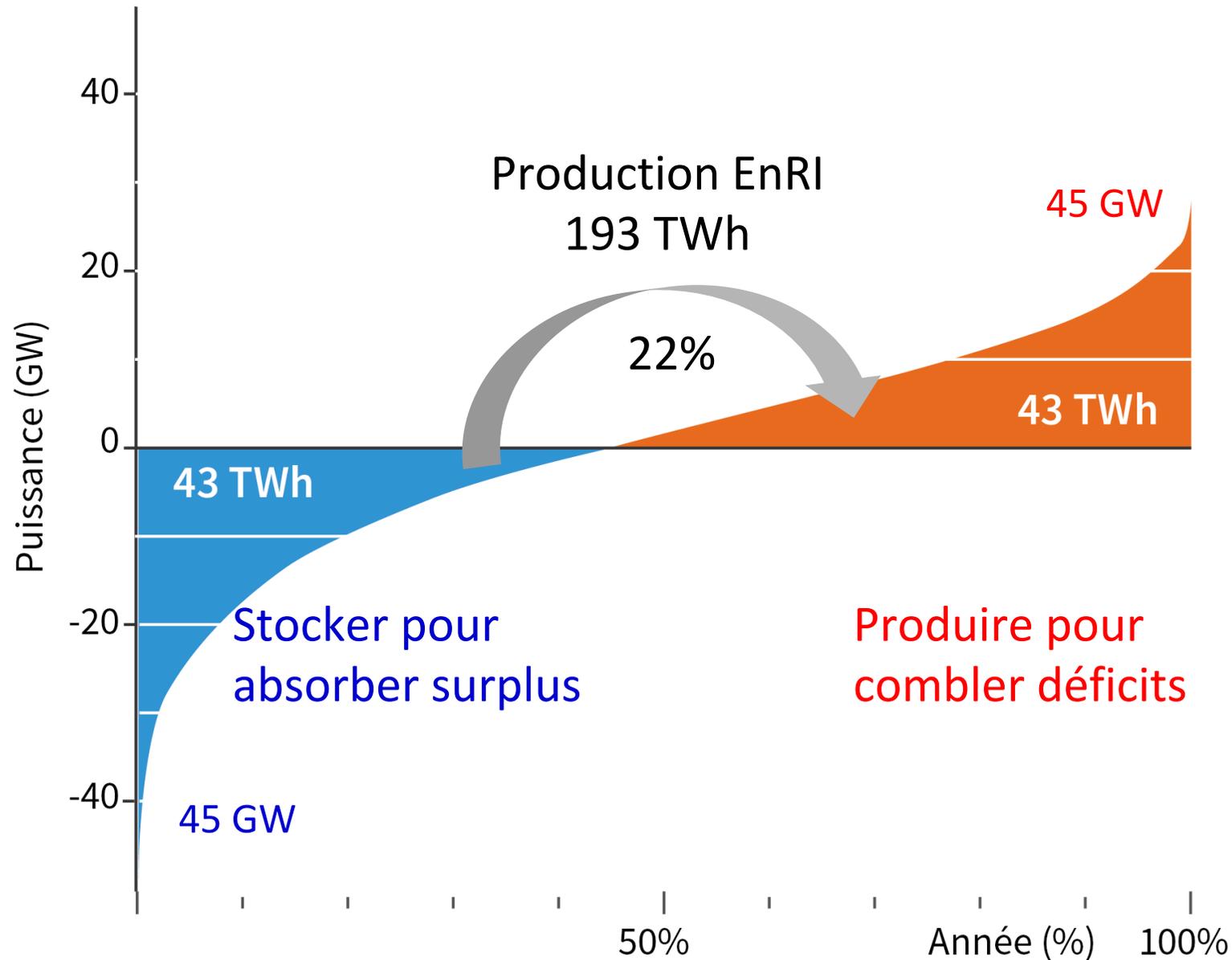
# Mix électrique 50% nucléaire et 35% EnRI



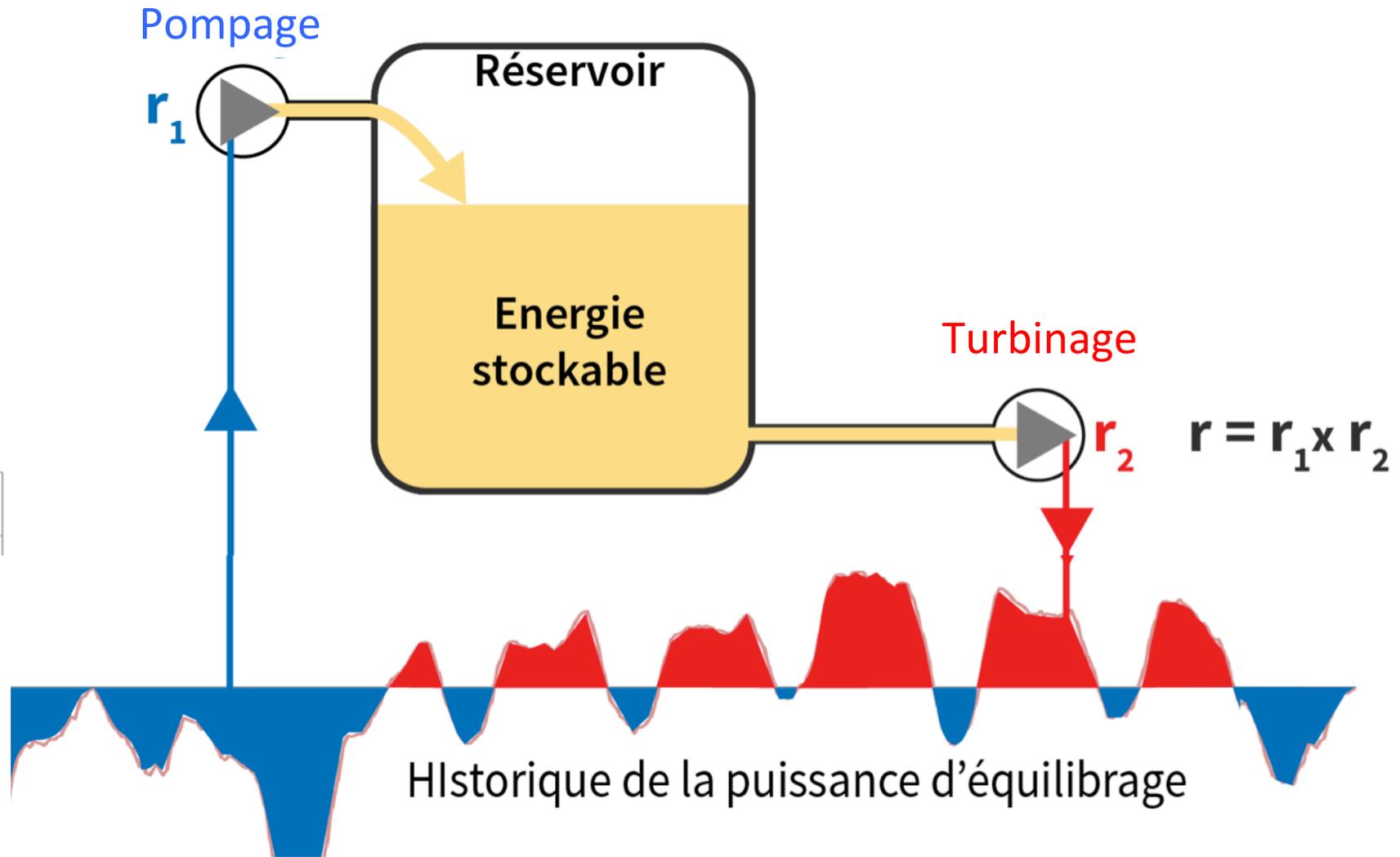
# Equilibrage : variation sur l'année



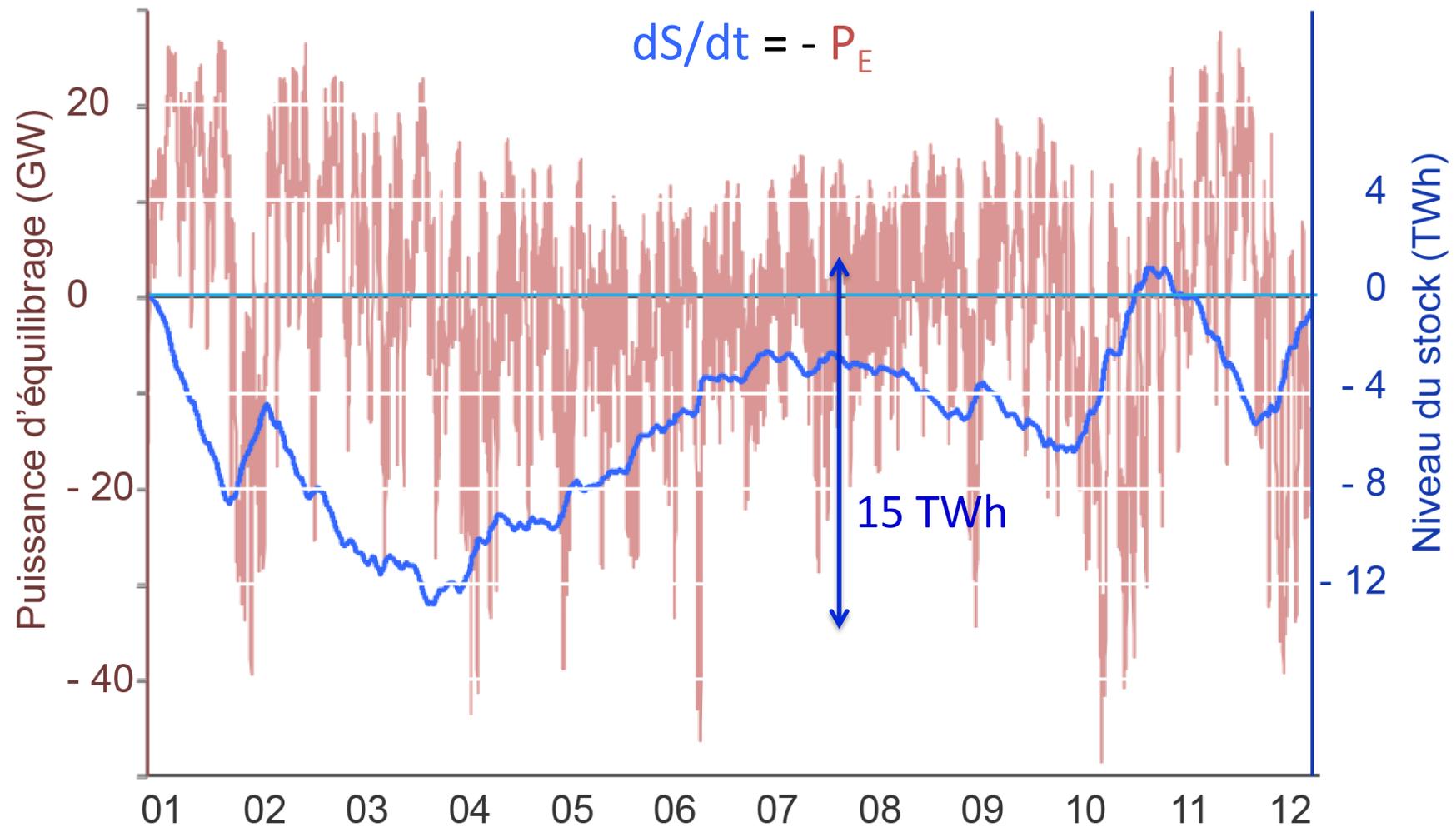
# Systeme d'equilibrage : monotone de charge



# Stockage: principe



# Charge d'un stockage parfait ( $r = 100\%$ ) FR35%

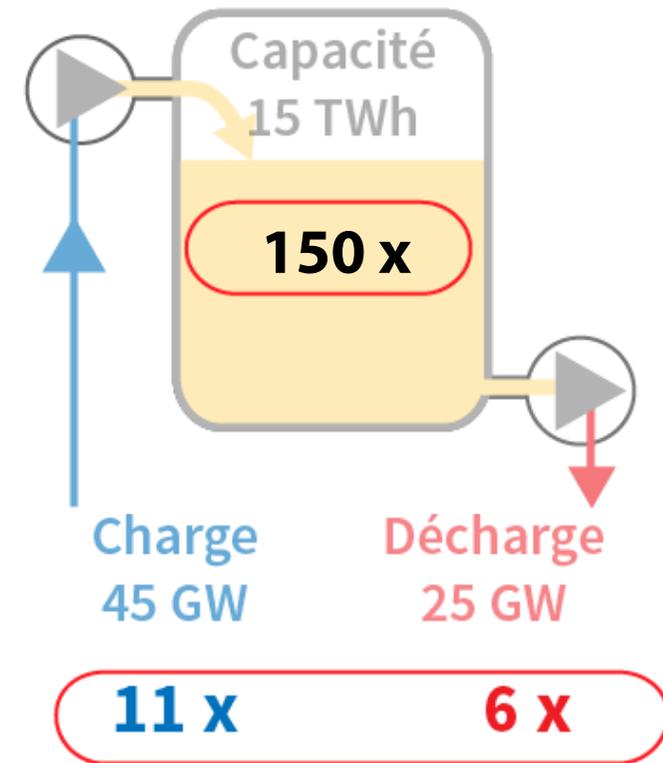


# Stockage hydroélectrique (r = 80%)

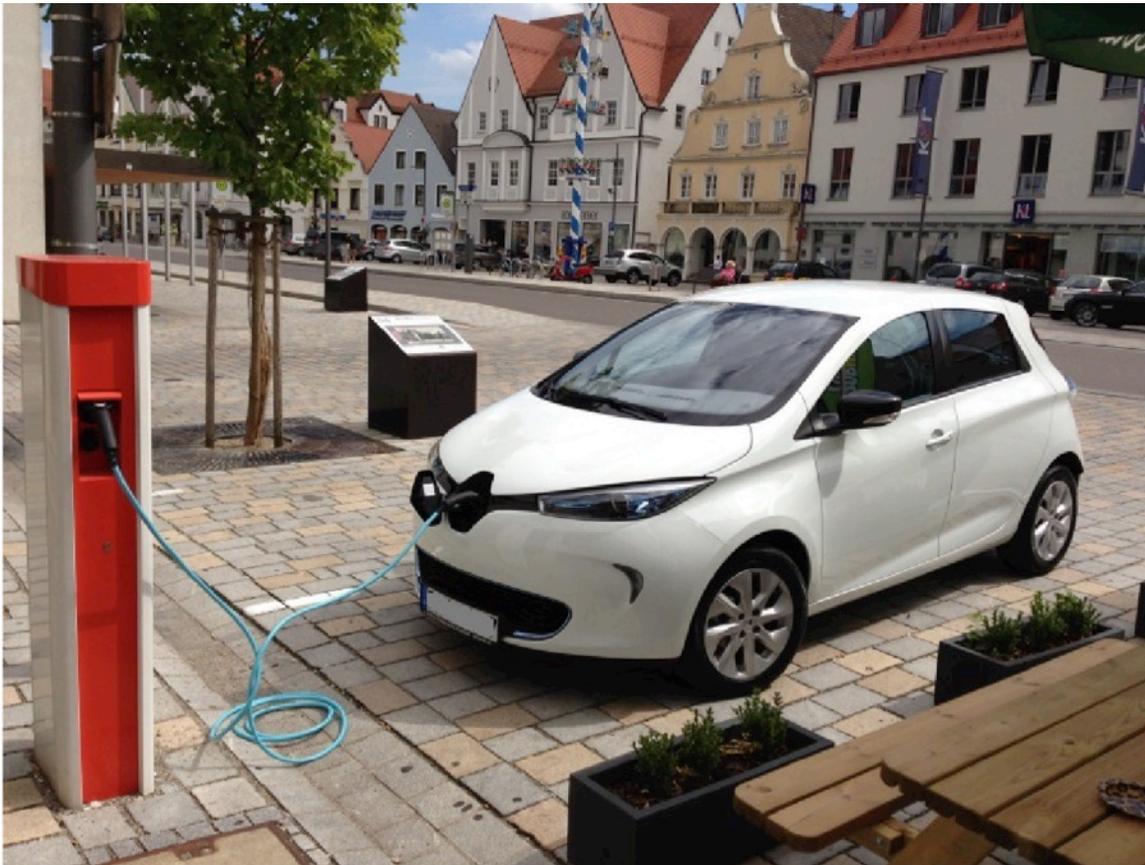


STEP françaises :

Capacité  $\approx 0,10$  TWh  
Puissance = 4,1 GW

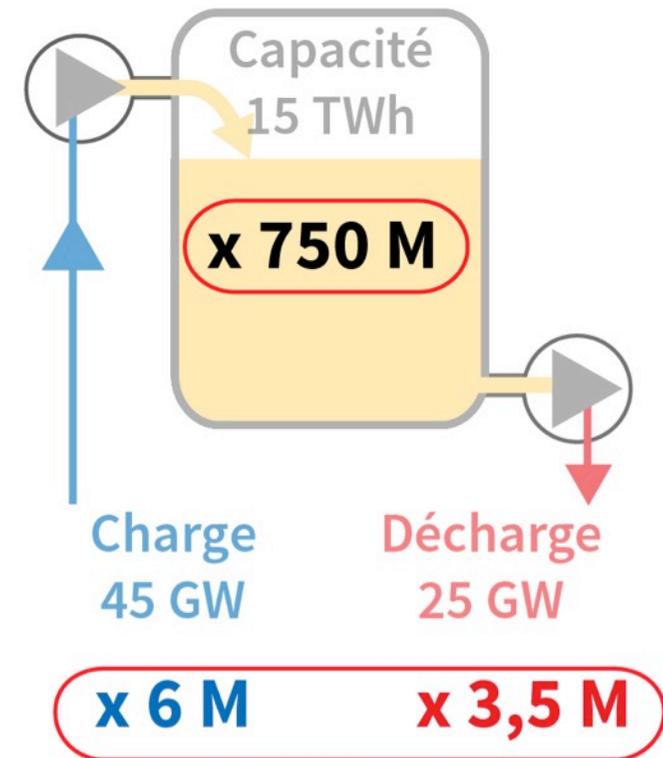


# Stockage par batteries (r = 80%)



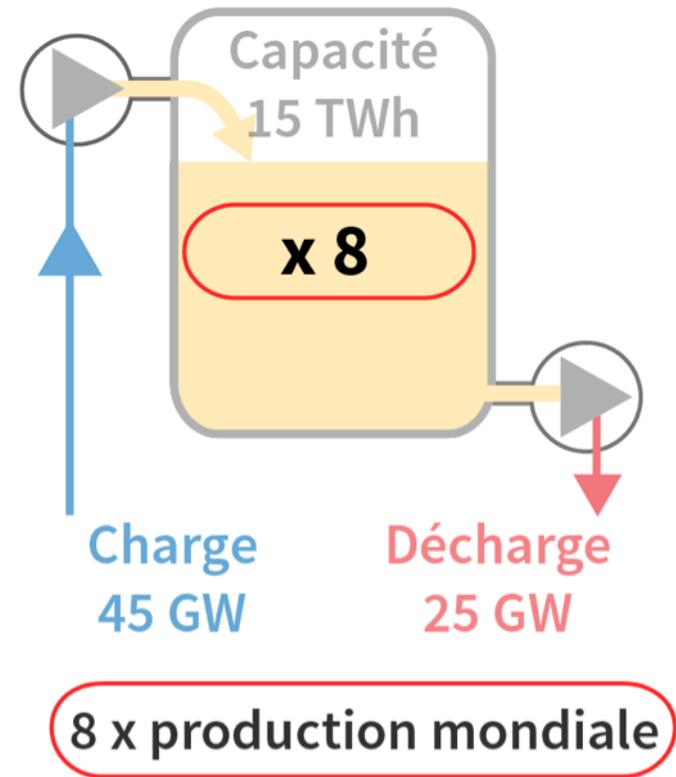
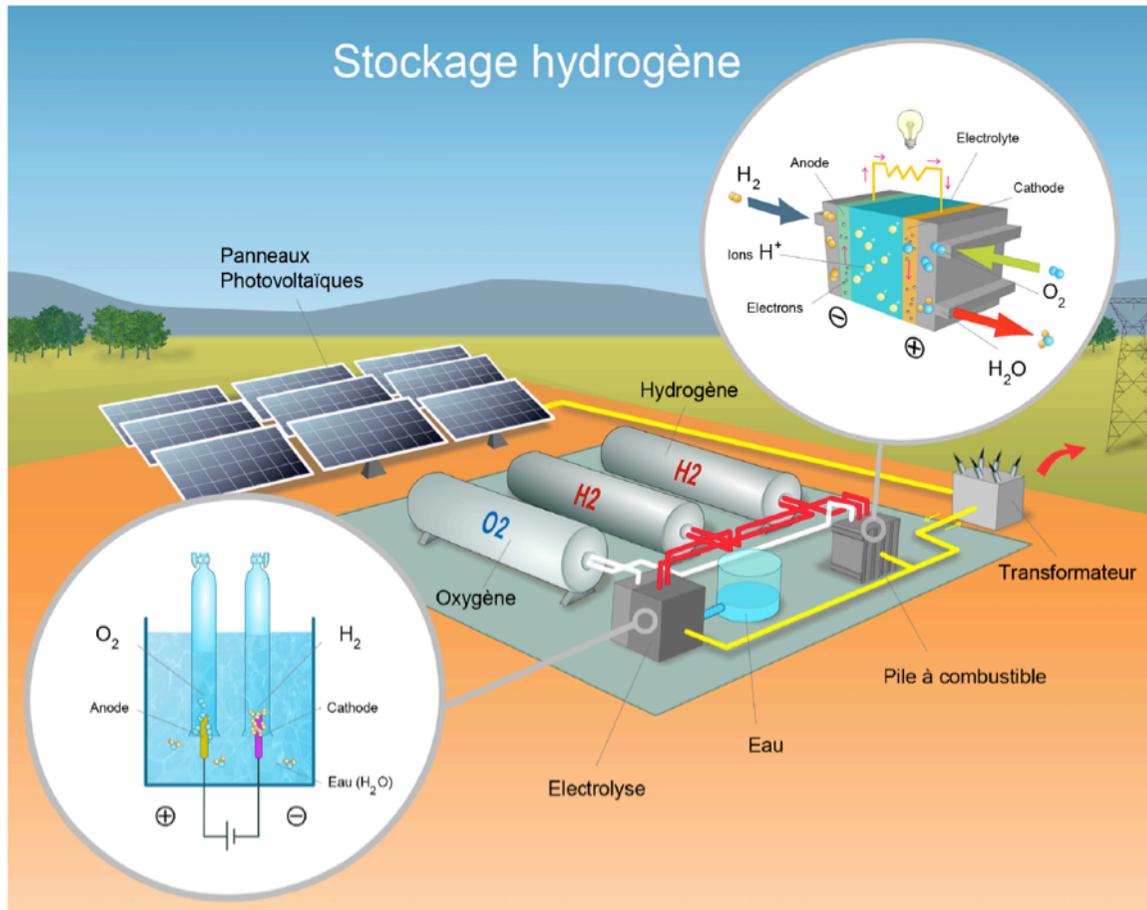
ZOE :                      Capacité  $\approx$  20 kWh  
                                  Puissance charge = 7 kW

Crédit: Jacques Treiner



30 x parc **mondial** de  
batteries (0,5 TWh)

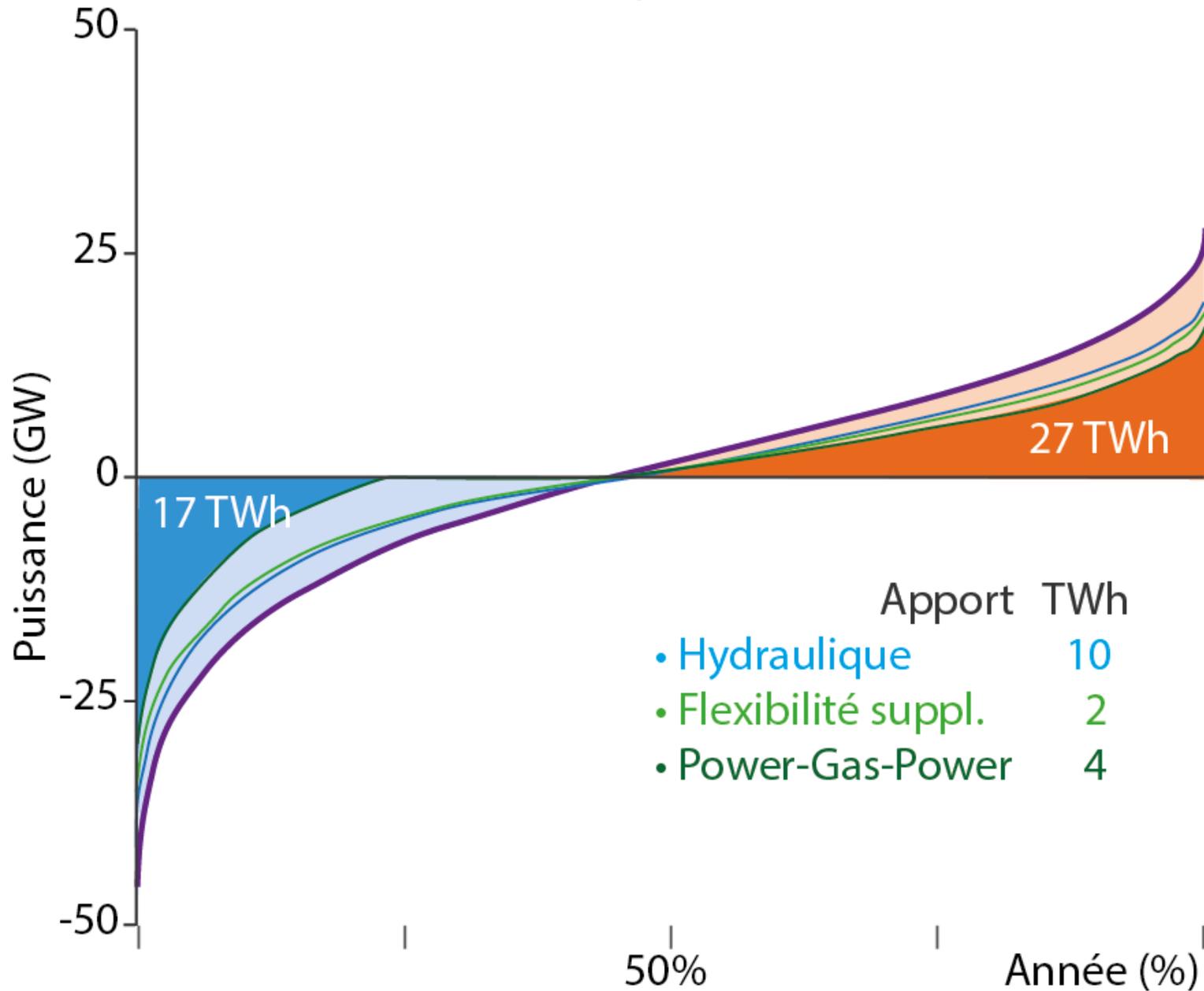
# Stockage hydrogène (20% < r < 30%)



Production mondiale d'hydrogène = 1,8 TWh

ILLUSTRATION CORINNE BEURTEY

# Transfert de surplus vers déficits

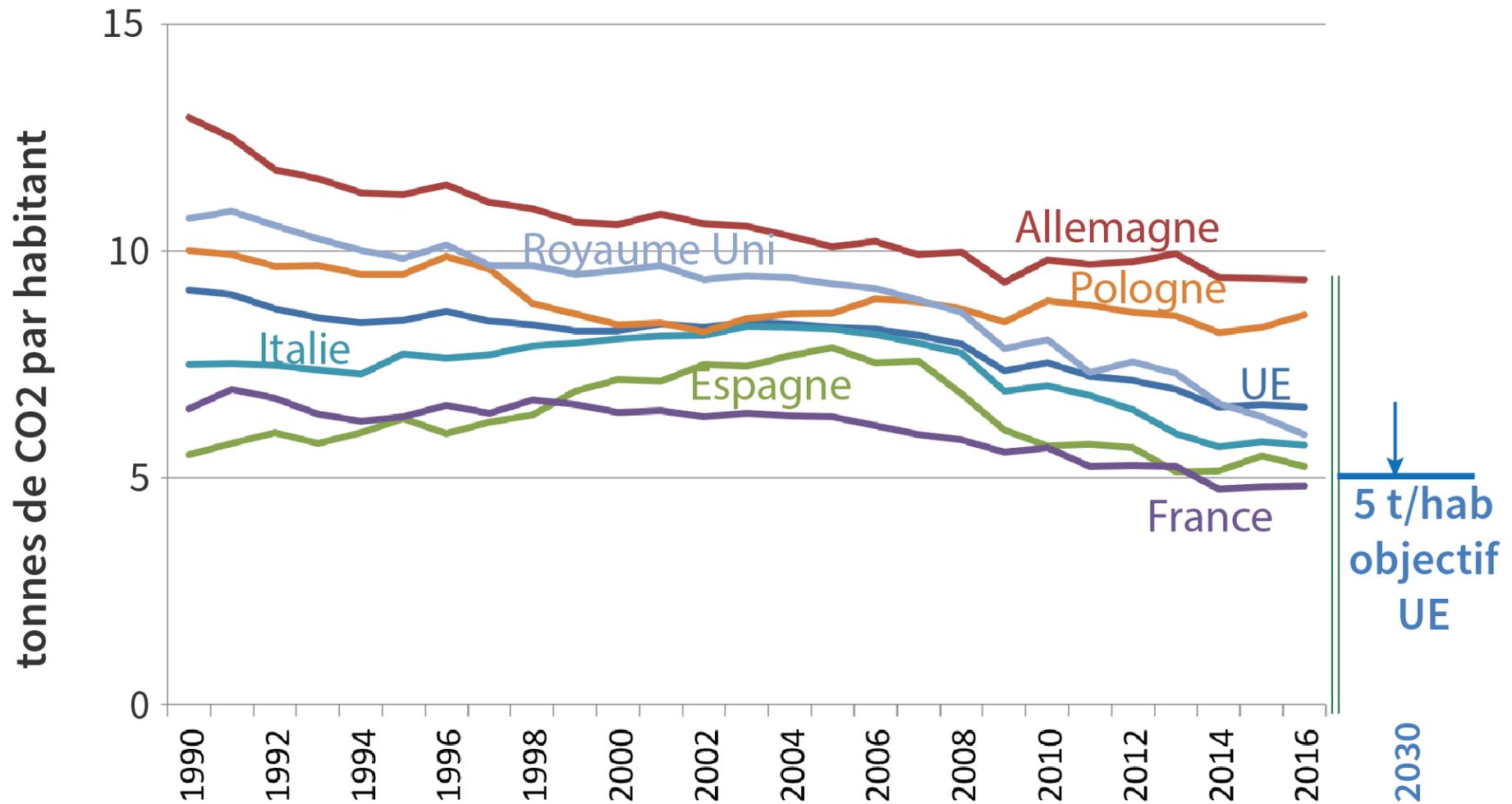


# Conclusion # 1 Compenser l'intermittence

- Transférer annuellement **un quart de la production EnRI** entre surplus et manque.
- Combler les manques avec **système d'équilibrage pilotable** de grande puissance.
- Grâce au **stockage?**  
**Très grande capacité (8% prod. EnRI)**
  - ✧ x 150 STEP françaises
  - ✧ x 30 parc mondial batteries
  - ✧ PGP possible avec 3/4 d'électricité perdue
- Et le reste? **parc hydroélectrique ou centrales fossiles**

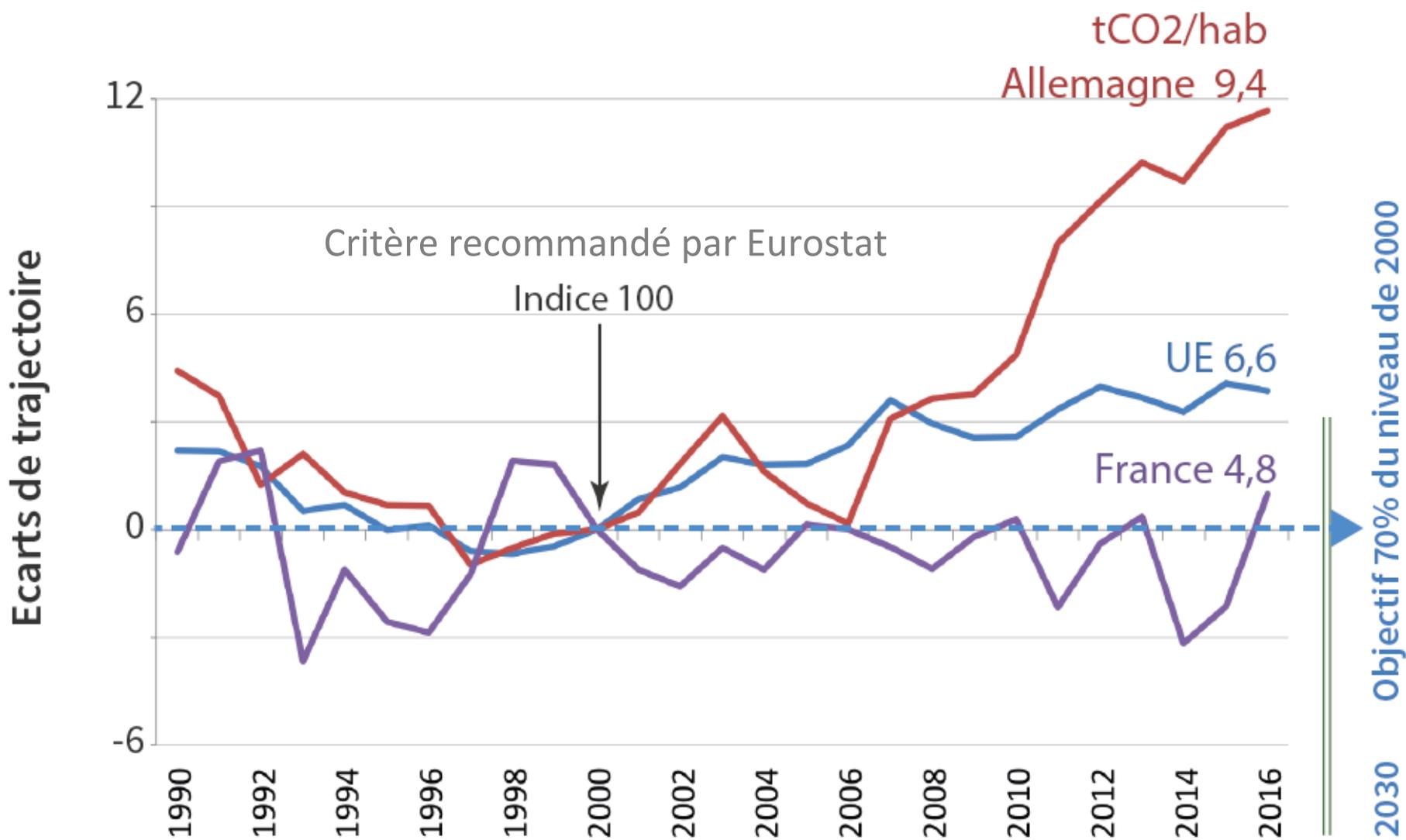
# **Emissions de CO2 dues à la consommation d'énergie**

# Variations d'un quart de siècle



Emission CO2 = Energie consommée x poids unitaire de CO2

# Décarbonation de l'énergie : tient-on le cap?



## Conclusion # 2

### Emettre moins de CO2 avec plus d'EnRI

- Anticiper les infrastructures et modes opératoires du système d'équilibrage.
- Bâtir des productions non émettrices de CO2
- Ne pas s'en remettre au marché pour le faire.
- Sinon, perte du cap de réduction des émissions de CO2, observée sur la décennie passée.

# Références

WAGNER (F.) , *Electricity by intermittent sources: an analysis based on the German situation 2012*, Eur. Phys.J. Plus, **129** : 20 (2014)

GRAND (D.), LE BRUN (C.) et VIDIL (R.), *Intermittence des énergies renouvelables et mix électrique* Techniques de l'Ingénieur, IN-301 (2015)

GRAND (D.), LE BRUN (C.), VIDIL (R.) et WAGNER (F.) *Electricity production by intermittent renewable sources: a synthesis of French and German studies* Eur. Phys. J. Plus **131** : 329 (2016)

VIDIL (R.), LATROBE (A.), LE BRUN (C.), GRAND (D.) et FINON (D.) *Le mirage de mix électriques à très forte proportion d'énergies intermittentes* Revue de l'Energie, 634 (2016)

TREINER (J.) *Le stockage de l'énergie, vessies et lanternes* Blog Mediapart (2016) <https://blogs.mediapart.fr/jacques-treiner/blog>

LINNEMANN (T.), VALLANA (G.) *Wind energy in Europe. Status, potentials and challenges for baseload applications* EPS Energy group meeting, October 4 and 5 2018, Barcelona, Spain.