

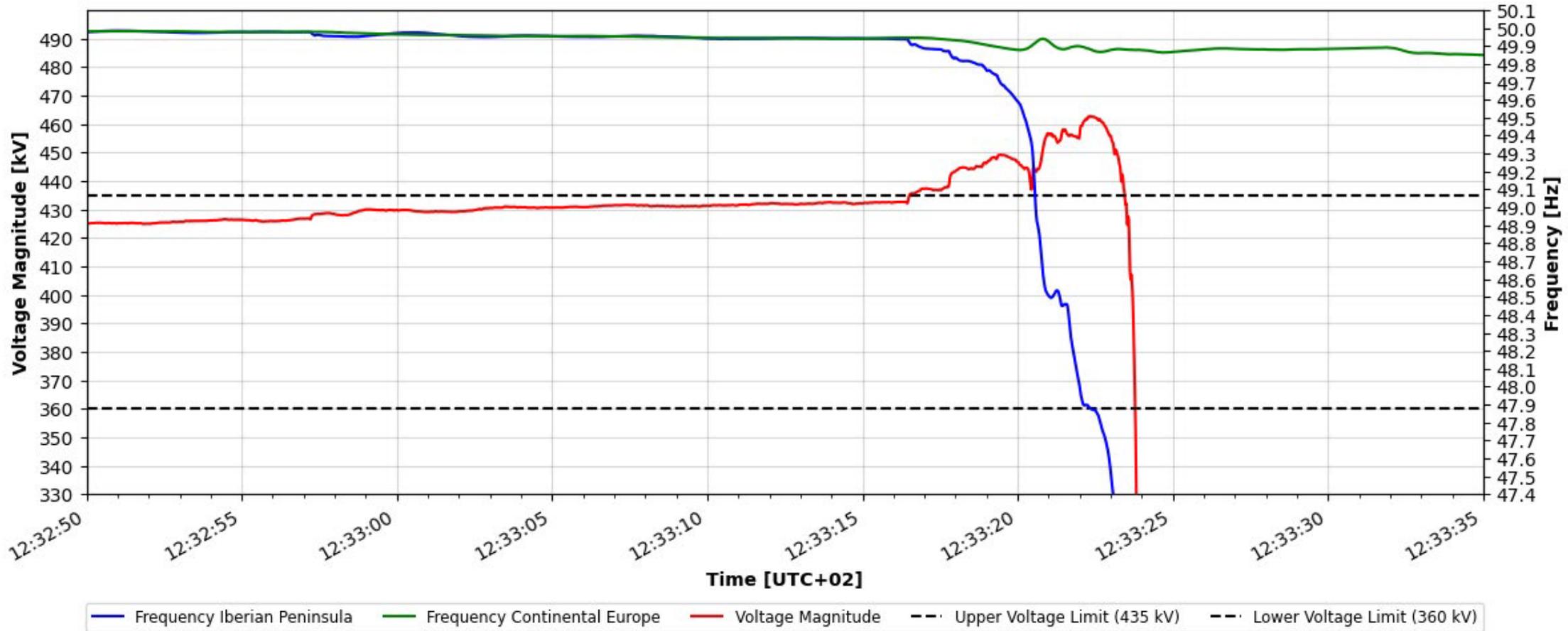
LA FLEXIBILITÉ AU SERVICE DE LA DÉCARBONATION DU MIX ÉNERGÉTIQUE

Journée de lancement



Dr-ing G. Guyot

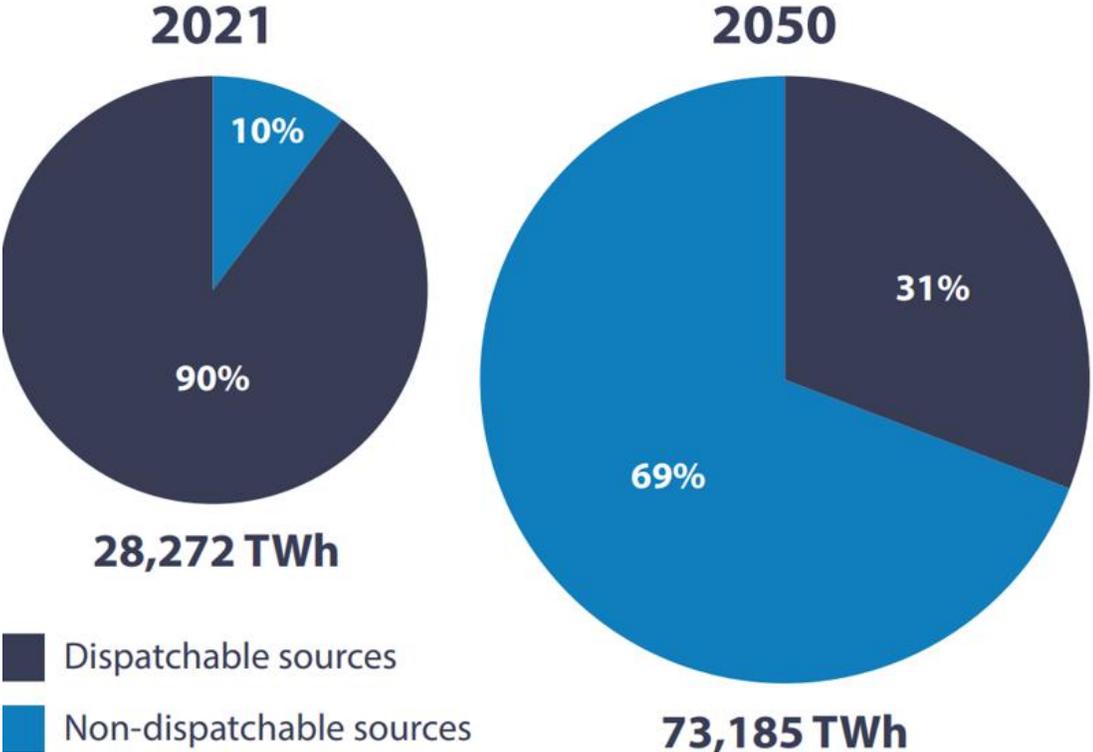
Espagne et Portugal – 28 Avril 2025



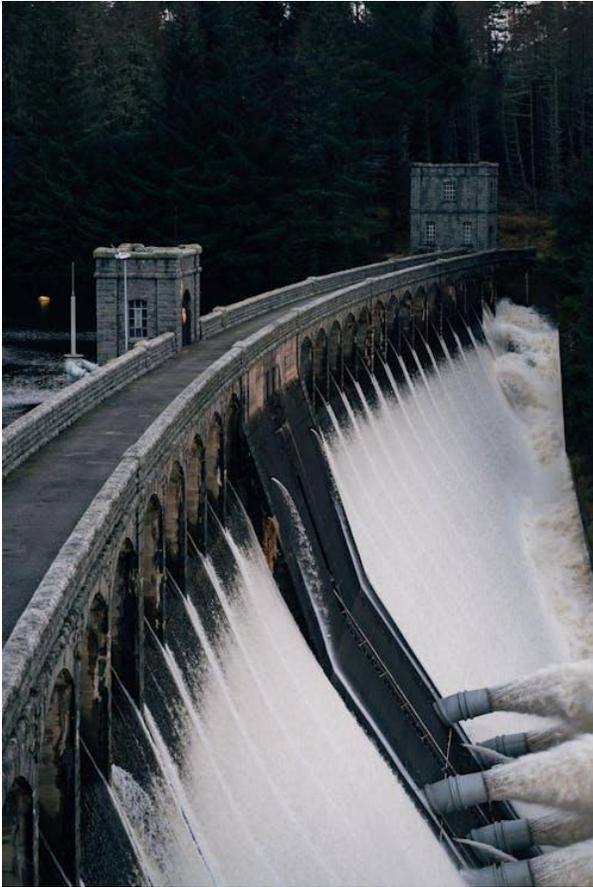
■ Black out majeur

- Perte de 100 % de la demande ES-PT (32 GW)
- Moins de 30 s

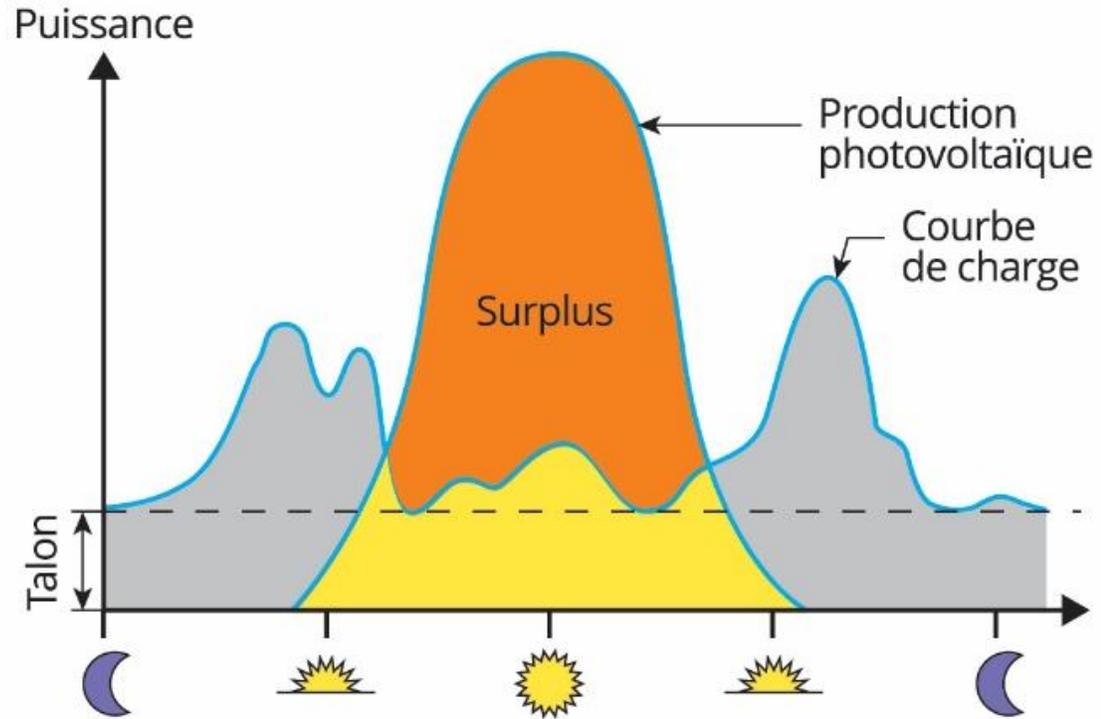
Décarbonation



Source: Iha – 2023 World hydropower outlook



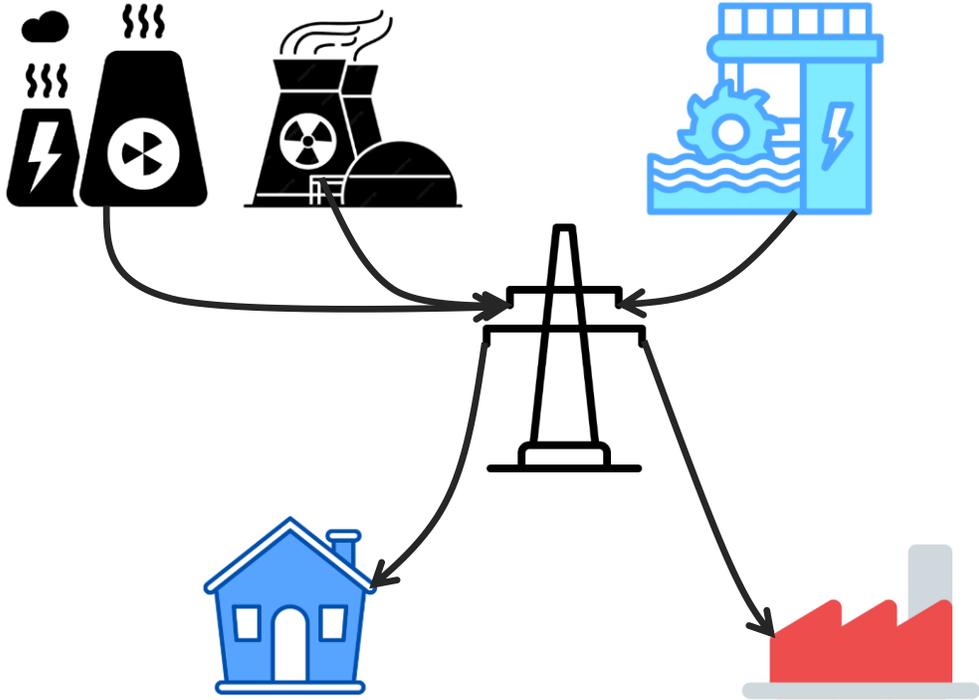
Décarbonation



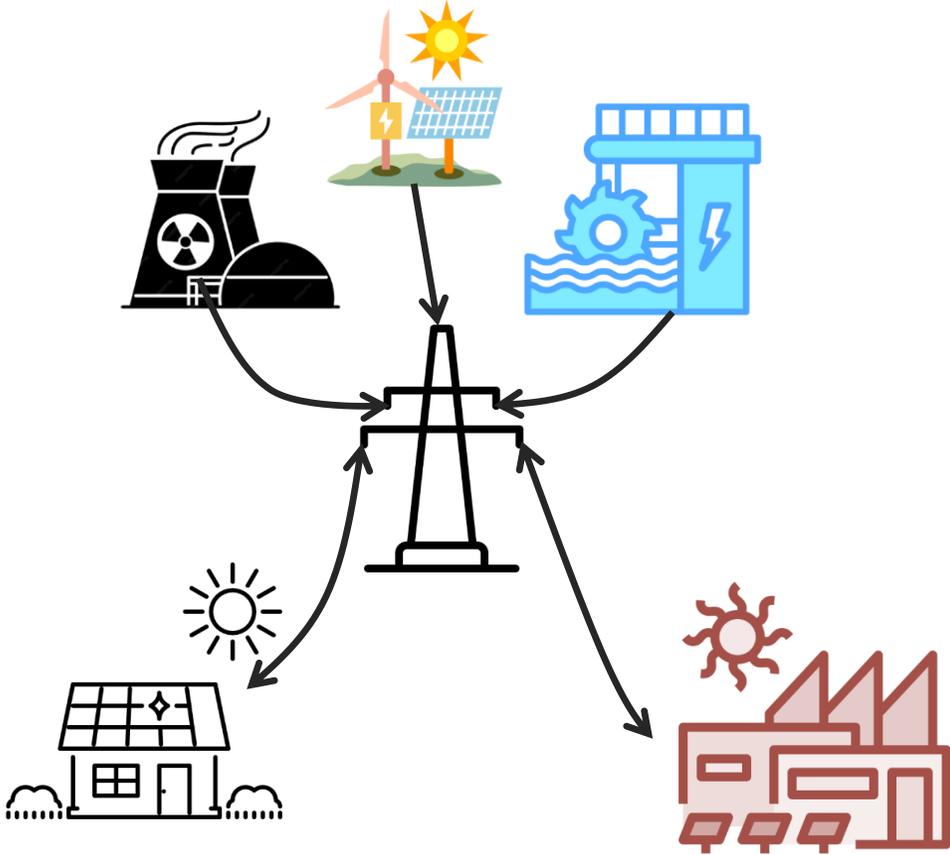
- Intermittance
 - Décalage production consommation
 - Coût de production très faibles des ENR

Source: Agence qualité construction 2017

Décentralisation – Bidirectionnalité - Stabilité

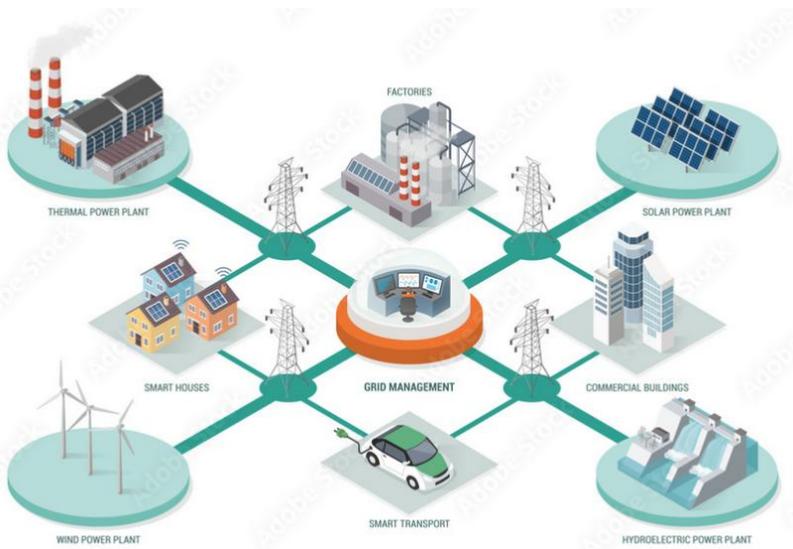


Centralisé – inertie forte machines tournantes



Décentralisé – Part des convertisseurs importante

Digitalisation



Interconnectés

Utilisation des technologies de communication / solutions « Cloud/Edge »
Analyse et traitement des données / Manipulations « Big data »
Cybersécurité / Protection des données / Résilience

Multidirectionnels

Augmentation des capteurs en multiples points
Développement d'algorithmes de contrôle
Gestion des modes d'opération complexes

Multi-vecteurs

Echanges d'énergies utiles et/ou fatales
Connaissances transverses des types de réseaux (élec, chaleur, gaz)

Challenges Renewelés



Réseaux décarbonés

Réduction des matériaux critiques, Gains en efficacité
Augmenter la flexibilité / Gains en gestion et réactivité



Equilibre Consommation - Production

Maintenir l'intégrité, fiabilité, disponibilité
Assurer les services en tous points



Sécurité - usagers

Nouveaux plans de protection
Nouveaux types de matériels de protection

La flexibilité pour l'équilibre des réseaux



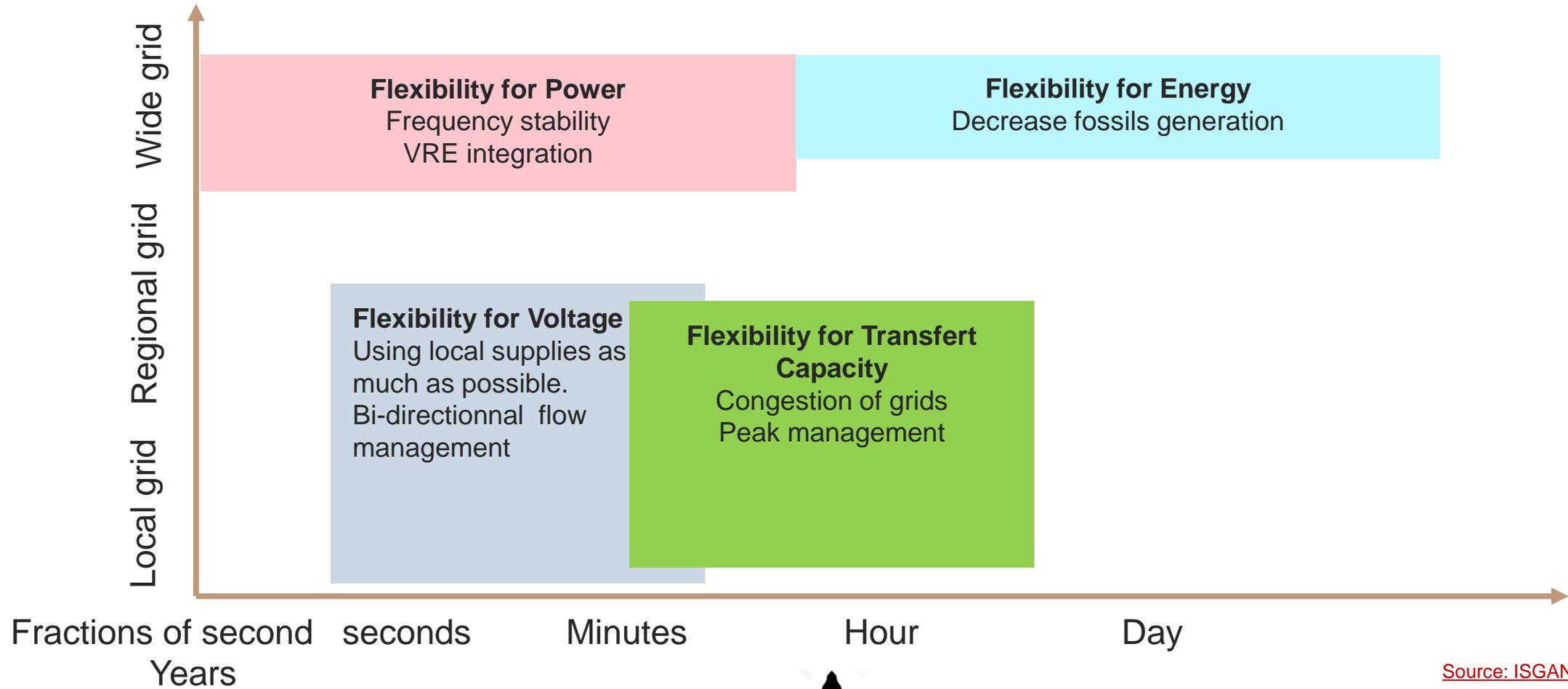
- « La flexibilité désigne la capacité du réseau électrique à faire face à la variabilité et à l'incertitude de la demande, de la production et de la disponibilité du réseau. »

[Source: ENTSOE , 2025](#)

- « Le terme de “flexibilité” est très général et recouvre des éléments très variés [...]. La flexibilité correspond à la capacité d'un actif de production, de consommation, de stockage à moduler, à la hausse ou à la baisse, son injection ou son soutirage »

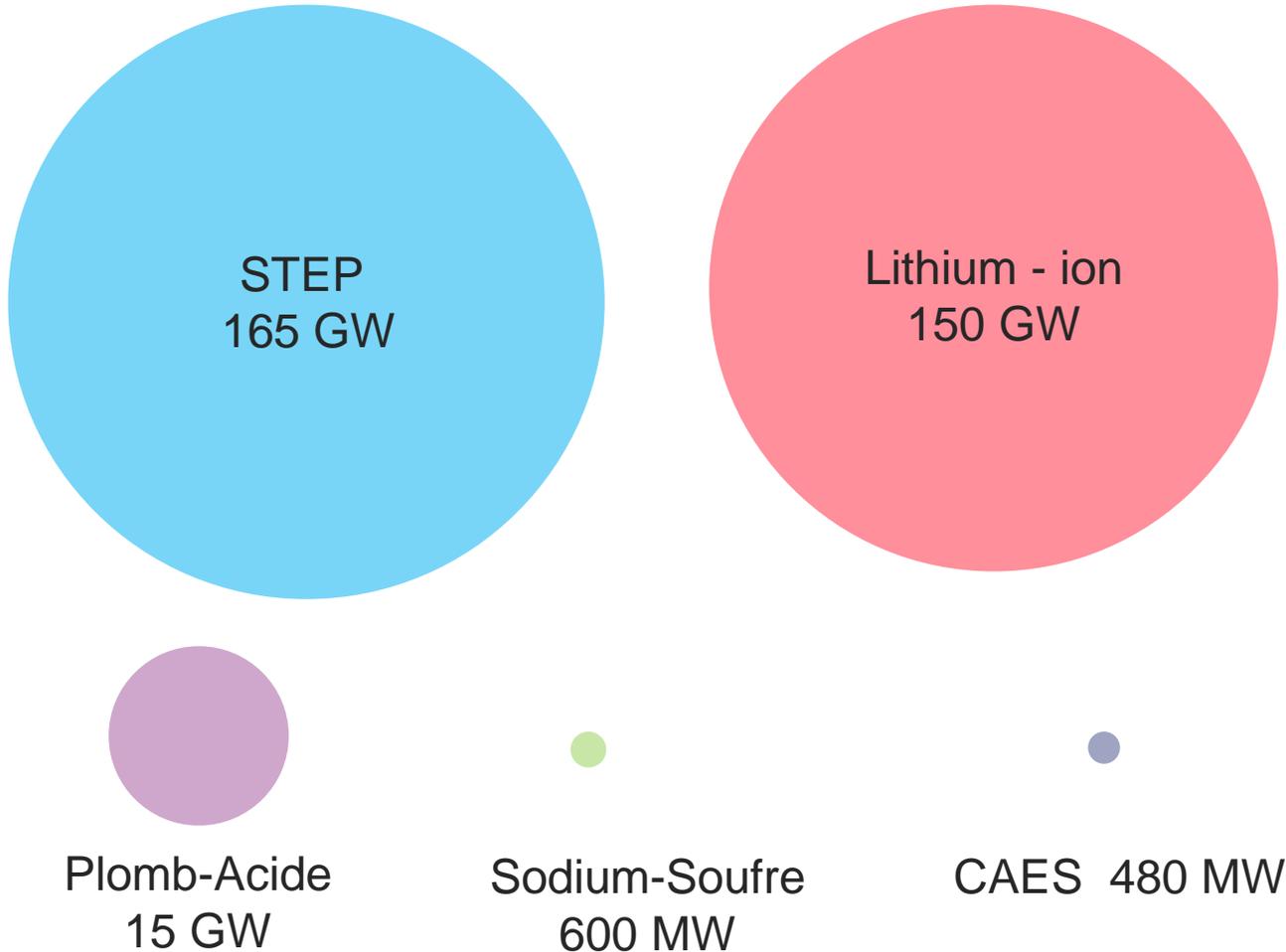
[Source: RTE , 2024](#)

La flexibilité pour l'équilibre des réseaux



Source: ISGAN 2019

La flexibilité par stockage - Overview



- Batteries stationnaires : Forte accélération
 - 2018 : 5,5 GW
 - 2020 : 10 GW
 - 2021 : 22 GW
 - 2024 : 160 GW

La flexibilité par stockage - XFlexHydro

- Hybridation de la centrale de Vogelgrün
 - Centrale au fil de l'eau sur le Grand Canal d'Alsace.
 - Mise en service en 1959. Opérée par EDF.
 - 4 turbines Kaplan vitesse fixe pour une puissance totale de 140-160 MW (4 x 35 - 40).
 - Production moyenne annuelle de 800 GWh.
- Batterie stationnaire 650 kW



- Objectifs
 - Investiguer la possibilité participer sur la flexibilités de puissance (fréquence)
 - Diminuer les efforts de maintenance sur les machines

La flexibilité par stockage - XFlexHydro

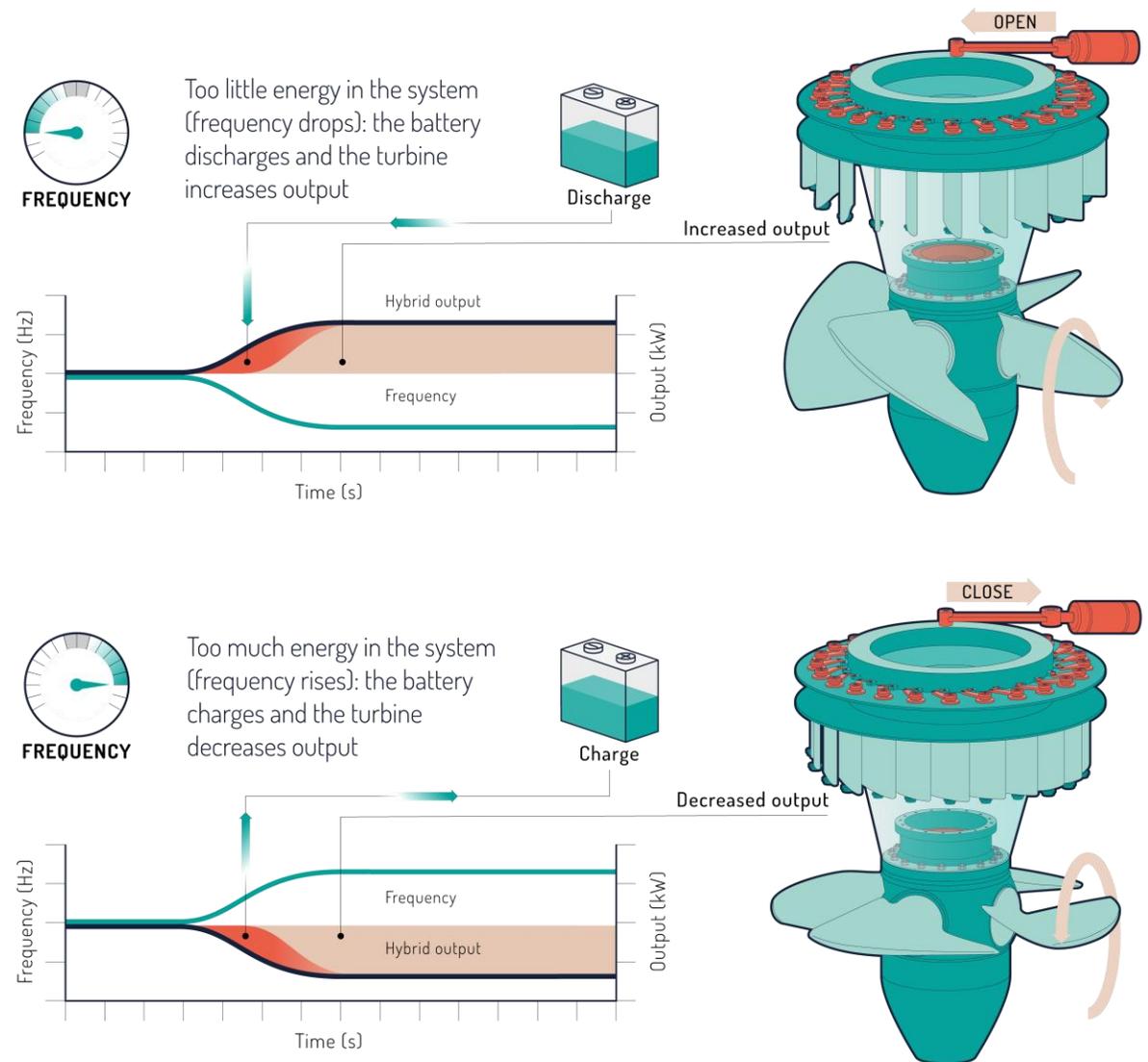
■ Batterie

- Chute de fréquence → Décharge.
- Augmentation de fréquence → Charge.

■ Turbine

- Chute de fréquence → Augmente la production
- Augmentation de la fréquence → Diminution de la production
- Maintien l'état de charge de la batterie pour obtenir un état de charge optimal pour optimiser la vie de la batterie.

La batterie et le groupe hydroélectrique participent à la flexibilité réserve rapide de fréquence



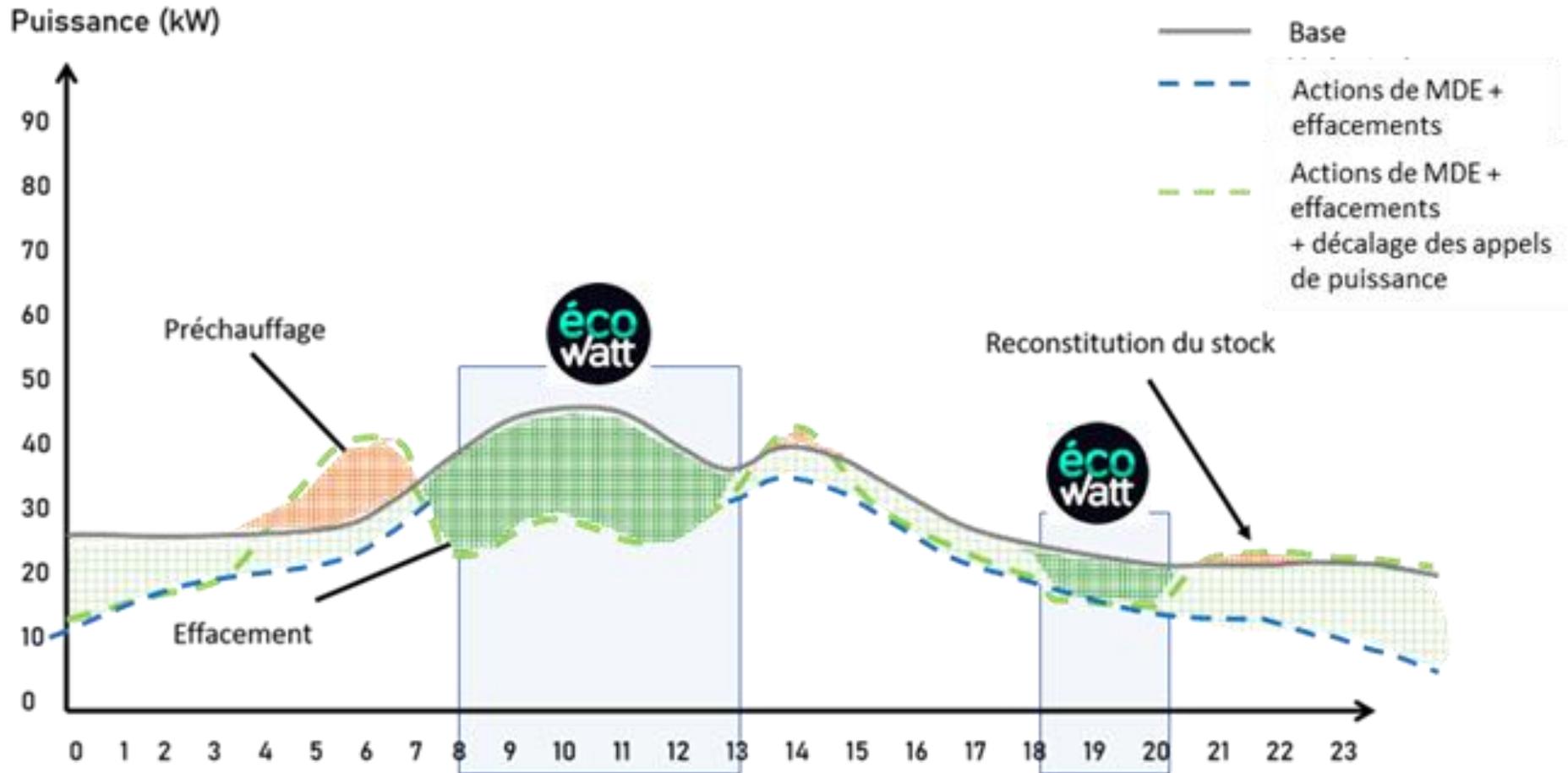
La flexibilité par effacement – Inertie - stratégie

- Utiliser les réserves d'inerties dans les bâtiments
- Objectifs
 - Réduire les pointes de consommation
 - Evaluer l'efficacité de stratégies énergétiques internes à la gestion du bâtiment



Source: CEA, 2024

La flexibilité par effacement – Inertie - stratégie



Source: CEA, 2024

- Efficace mais difficultés de mise en œuvre réelle
 - Organisation de maintenance
 - Difficulté à mettre en œuvre des technologies et des protocoles

Conclusion

- Transformation de la nature des réponses des réseaux électriques. Qualité service maintenue
- La flexibilité nécessaire à tous les échelles de temps et d'espace
 - Production : Stockage - Réactivité
 - Demande: Décalages – Effacement..

