



La place du stockage dans le système électrique

Vincent Laly, Délégué général du Club Stockage
Théo Capazza, Responsable pôle Stockage chez Corsica Sole

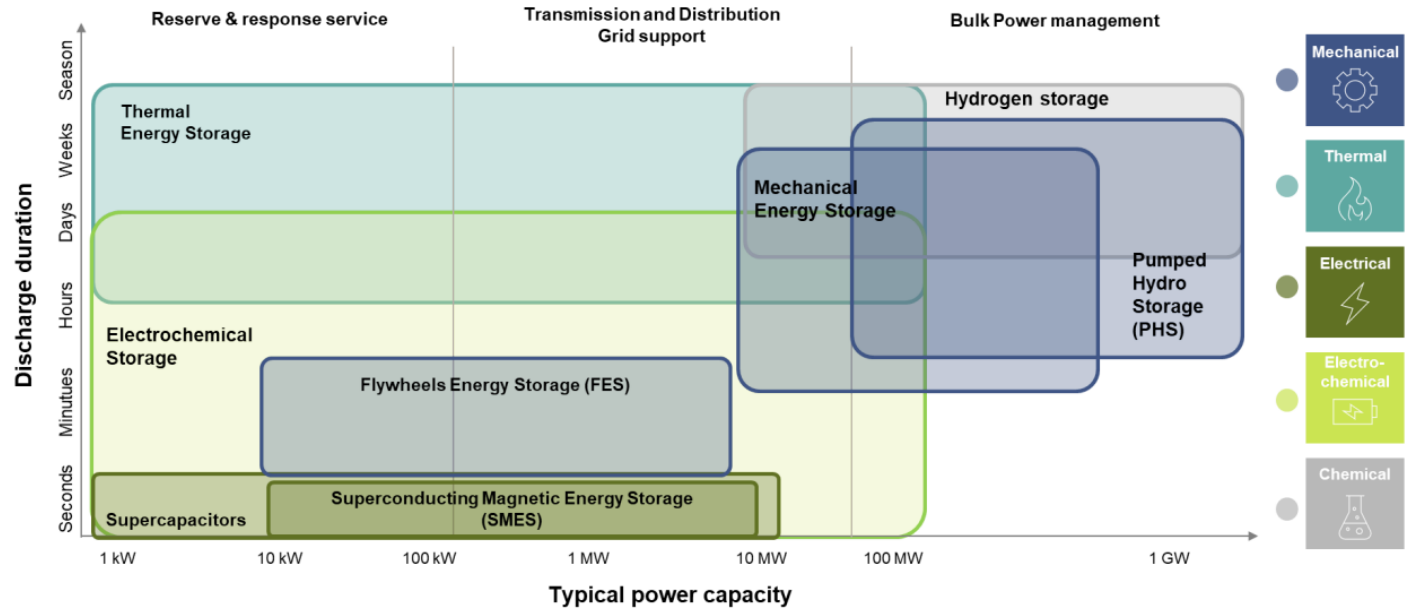
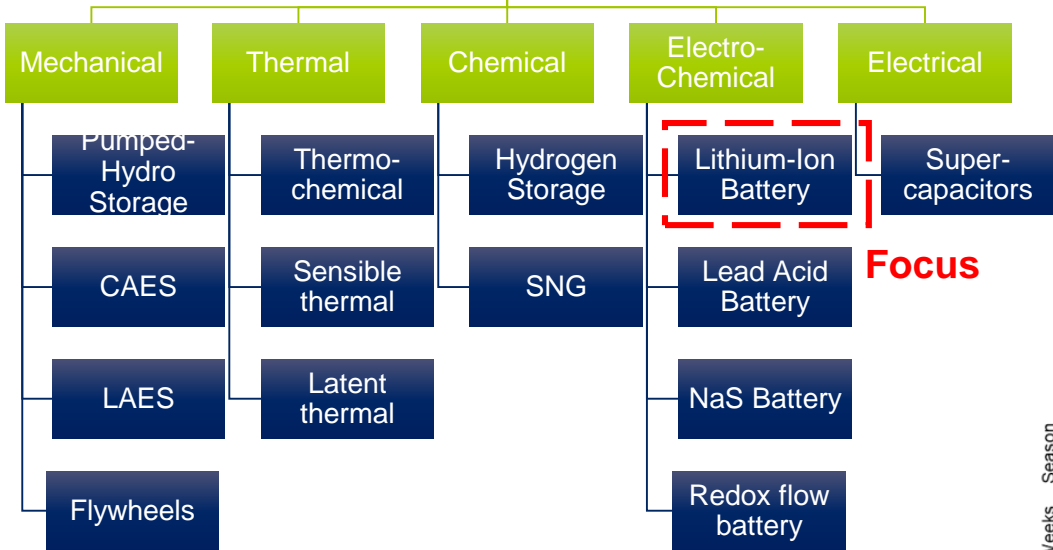




Introduction – le stockage d'énergie stationnaire

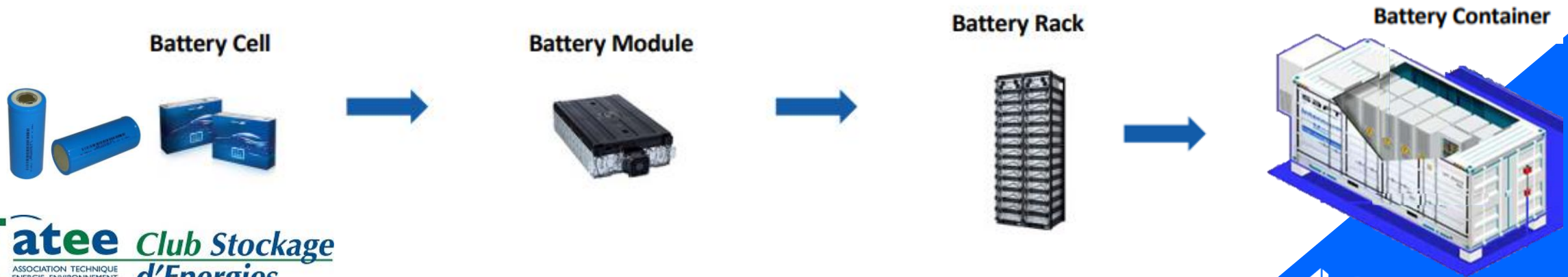
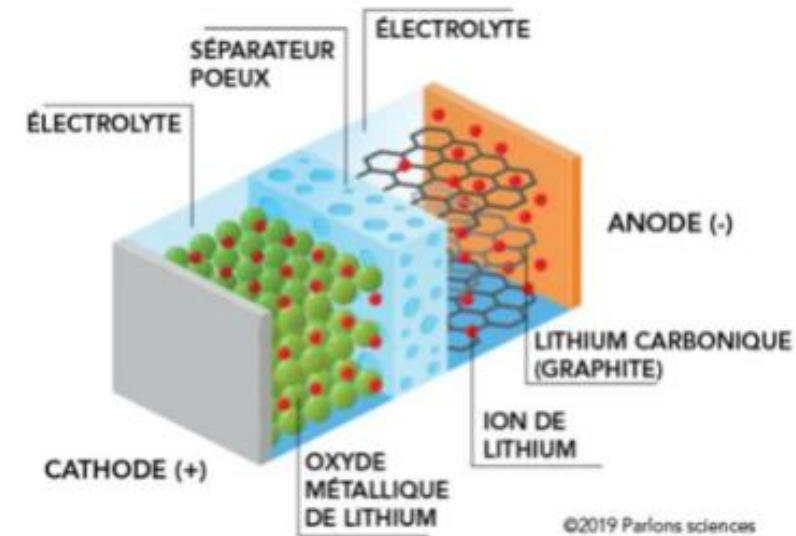
Différents systèmes de stockage d'énergie stationnaire

Electrical Energy Storage Systems



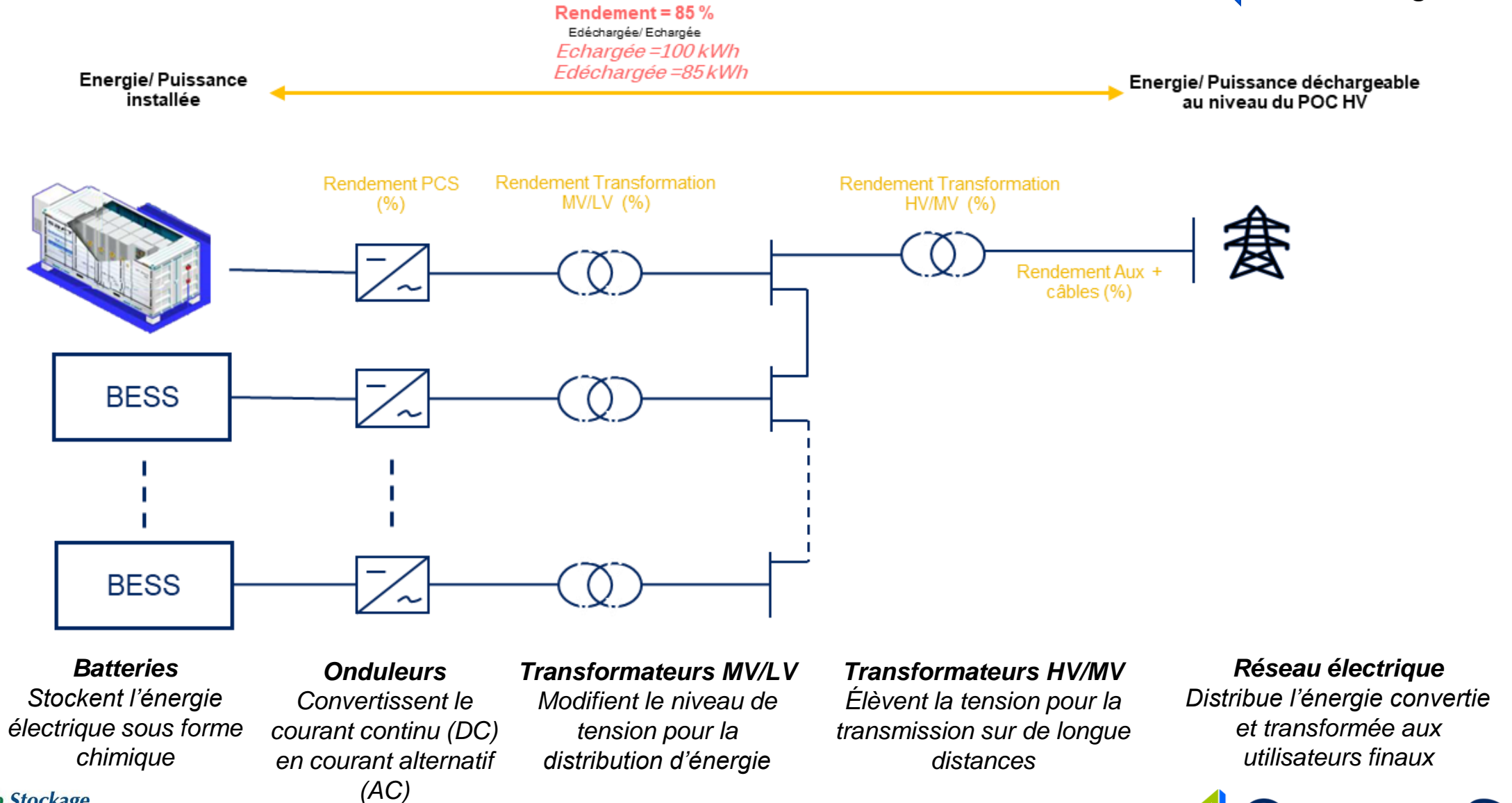
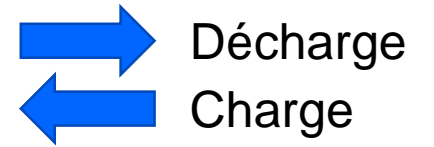
Principe de la batterie Li-ion

- **Anode (Électrode négative)** : L'anode stocke les ions lithium lors de la décharge, libérant ainsi des électrons vers le circuit externe. Graphite généralement.
- **Cathode (Électrode positive)** : La cathode reçoit les ions lithium pendant la charge et cède des électrons pendant la décharge.
Fabriquée à partir de matériaux comme le Lithium Fer Phosphate (**LFP**), le Nickel Manganèse Cobalt (**NMC**) , le lithium cobalt oxyde (**LiCoO₂**) ...
- **Électrolyte** : Un mélange de sels de lithium dissous dans un solvant organique, l'électrolyte permet le mouvement des ions lithium entre l'anode et la cathode.
- **Processus de Charge** : Lors de la charge, les ions lithium se déplacent de la cathode vers l'anode à travers l'électrolyte, tandis que les électrons circulent dans le circuit externe pour rejoindre l'anode, stockant ainsi l'énergie.
- **Processus de Décharge** : Pendant la décharge, les ions lithium se déplacent de l'anode vers la cathode, libérant l'énergie stockée sous forme d'électrons qui parcourent le circuit externe.



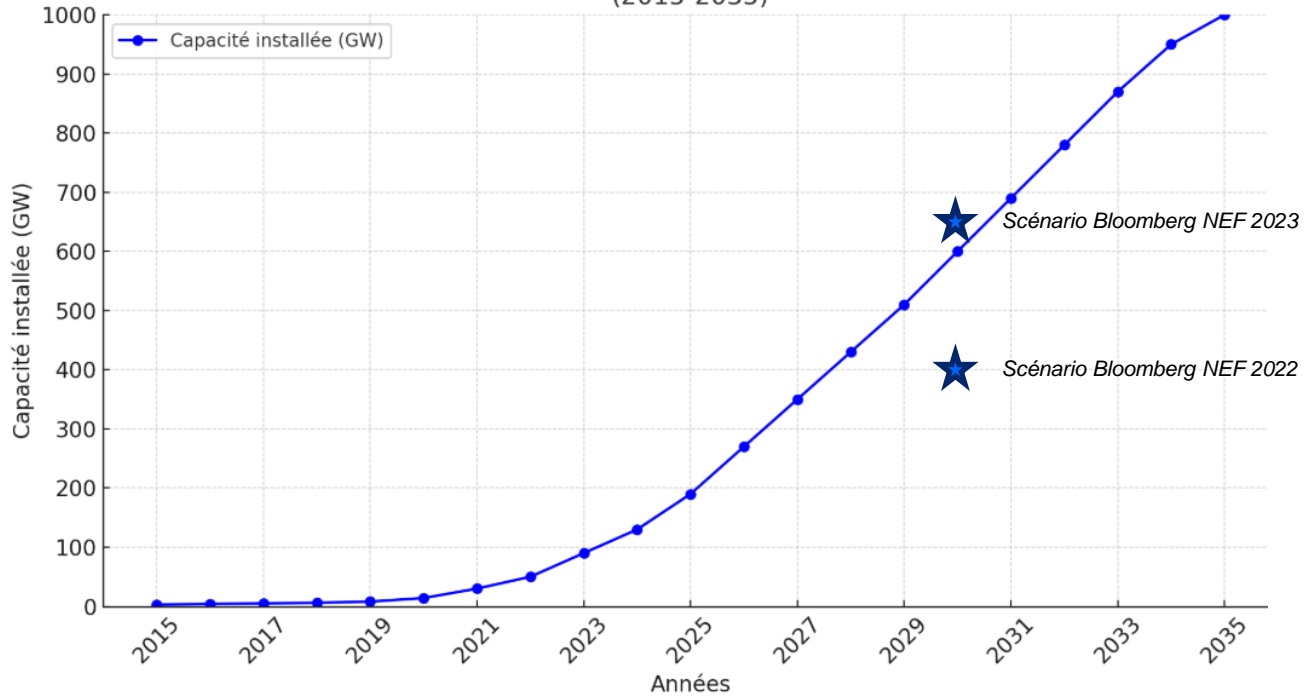
Architecture d'une centrale de stockage

De la cellule au réseau



Le stockage BESS dans le monde

Évolution de la capacité installée des systèmes de stockage par batteries (BESS)
(2015-2035)



Rystad energy 2023
Bloomberg 2023
Epicos 2024

14 GW

Installations cumulées dans le monde en 2020

+40 GW /
100GW
installé

Capacité installée en 2023 pour porter la capacité installée à 100GW




>600 GW

Installations cumulées dans le monde d'ici 2030




Le stockage au service du réseau électrique

Le contexte actuel augmente le besoin de flexibilité du réseau électrique




Contexte énergétique actuel :

-  Croissance de la demande en énergie
-  Augmentation des prix des ressources fossiles (gaz, CO2...)
-  Transition vers des sources d'énergies renouvelables

Défis du réseau électrique :

-  Diminution des sources de production d'énergie pilotable
-  Diminution de la part des machines tournantes (inertie)
-  Intégration des énergies renouvelables et gestion des variabilités

Nouveaux usages électriques :

-  Augmentation de l'électrification des usages
-  Véhicules électriques et mobilité durable
-  Autoconsommation / autoproduction / pompes à chaleur...

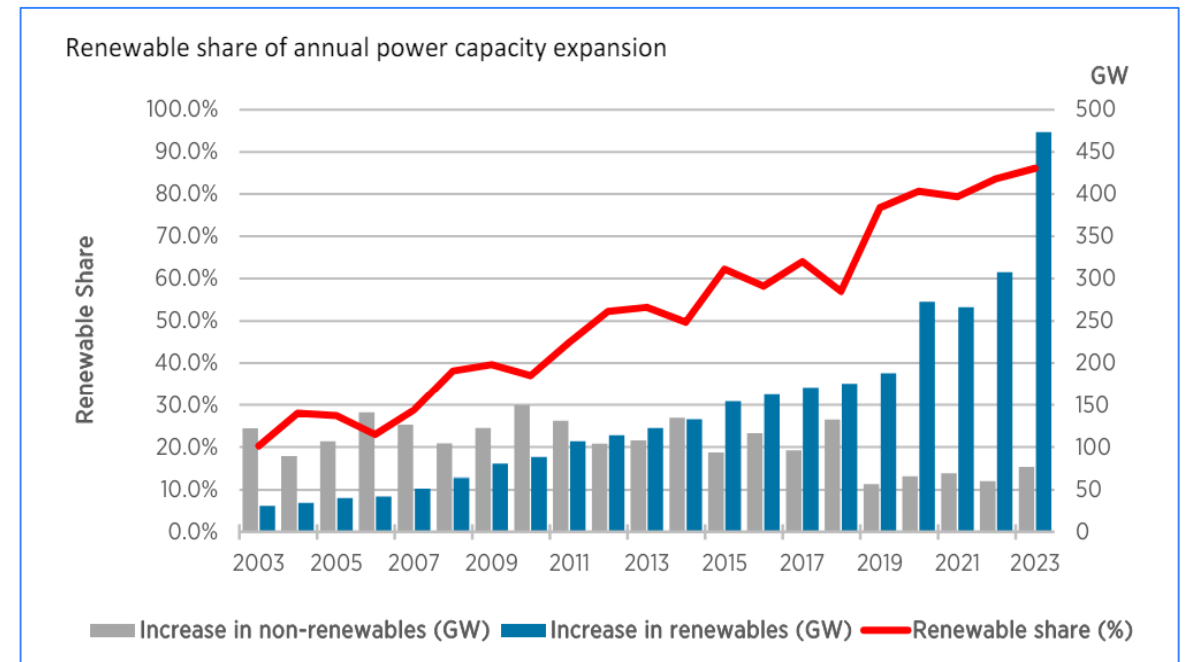


Augmentation du besoin de flexibilité

+

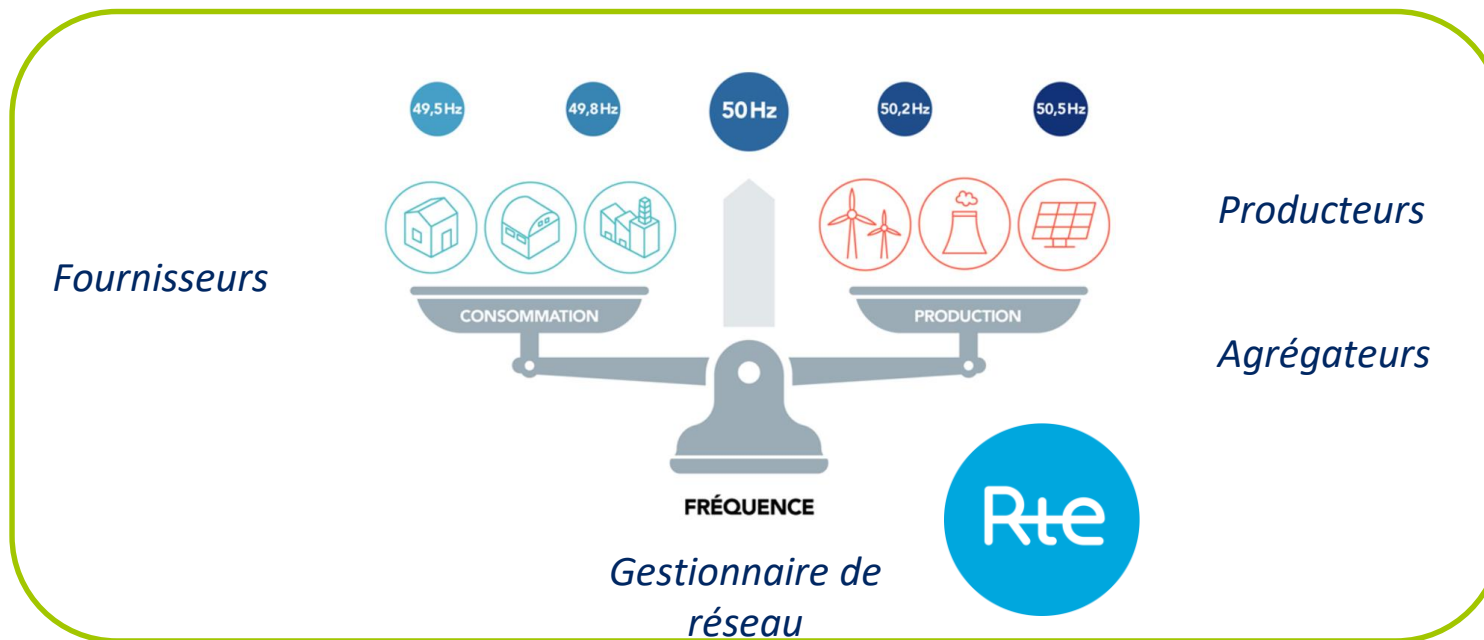
Remplacement des anciennes centrales assurant la flexibilité (gaz, principalement)

Pour illustrer...



Equilibrer le réseau : Rôle du gestionnaire de réseau

- Rôle du gestionnaire de réseau = **Assurer l'équilibre à tout moment**. Il doit gérer les fluctuations à court terme au cours de la journée.
- L'équilibre entre l'offre et la demande du réseau électrique est assuré par les responsables d'équilibre. Le responsable d'Equilibre joue un rôle « d'assureur » dans le dispositif d'équilibre production/ consommation.



Besoin de flexibilité

Flexibilité électrique

La **flexibilité électrique** est la capacité pour un site d'adapter son injection ou sa consommation en réponse à un signal extérieur (signal de prix ou d'activation). L'objectif est de **réduire l'écart entre la production et la consommation** et de stopper une déviation potentielle.

3 types d'actifs flexibles :

Stockage :

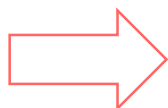
Il s'agit d'un type d'actif hybride puisqu'il peut à la fois injecter et retirer. Son temps de réponse très court est un avantage considérable pour l'équilibre du réseau.

Production :

Il s'agit actuellement du type d'actif flexible le plus courant. Il s'agit d'unités de production d'électricité contrôlables, qui peuvent être basées sur des sources fossiles. Pour l'avenir, nous devons nous appuyer sur d'autres types de flexibilité.

Consommation :

Elle concernait principalement les grands sites industriels. Les agrégateurs la démocratisent pour les consommateurs plus petits et plus répandus en tant qu'individus.

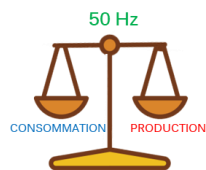


Stockage par Batteries Li-Ion

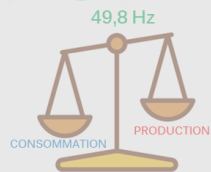
- ⊕ Densité énergétique élevée
- ⊕ Capacité de charge rapide et efficace
- ⊕ Longue durée de vie
- ⊕ Réduction des coûts de fabrication et accessibilité accrue
- ⊕ Rapidité de déploiement

L'équilibre en temps réel du réseau électrique par les réserves

Fréquence
50 Hz



1 Réserve primaire



Automatique

< 30 s



3000 MW
(perte simultanée des 2 plus gros groupes de production)

540 MW

2 Réserve secondaire



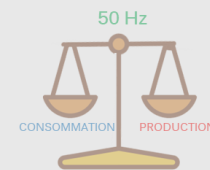
Automatique

< 400 s



500 - 1180 MW

3 Réserve tertiaire (Mécanisme d'Ajustement)



Manuelle

13 - 30 min

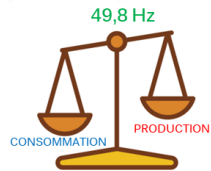
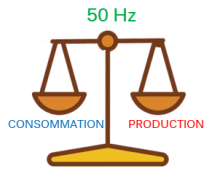


Réserve rapide : 1000 MW
Réserve complémentaire : 500 MW

L'équilibre en temps réel du réseau électrique par les réserves

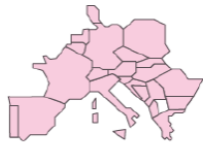
Fréquence
50 Hz

1 Réserve primaire



Automatique

< 30 s

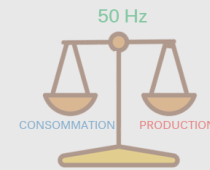


3000 MW
(perte simultanée des 2
plus gros groupes de
production)
540 MW

2 Réserve secondaire



3 Réserve tertiaire (Mécanisme d'Ajustement)



Automatique

< 400 s



500 - 1180 MW

Manuelle

13 - 30 min



Réserve rapide : 1000 MW

Réserve complémentaire : 500 MW

L'équilibre en temps réel du réseau électrique par les réserves

Fréquence
50 Hz



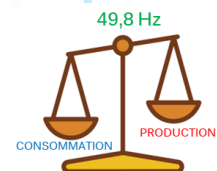
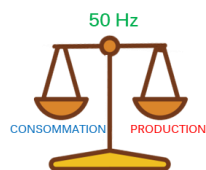
1 Réserve primaire



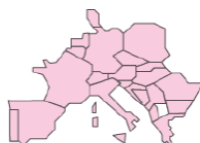
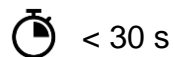
2 Réserve secondaire



3 Réserve tertiaire (Mécanisme d'Ajustement)



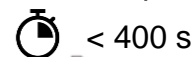
Automatique



3000 MW
(perte simultanée des 2
plus gros groupes de
production)
540 MW

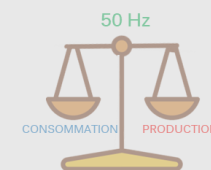
écart F

Automatique

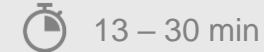


500 - 1180 MW

Obligatoire pour les
groupes > 120 MW



Manuelle



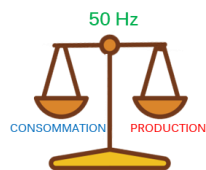
Réserve rapide : 1000 MW

Réserve complémentaire : 500 MW

L'équilibre en temps réel du réseau électrique par les réserves

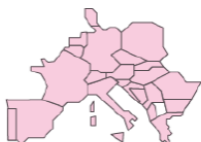
Fréquence
50 Hz

1 Réserve primaire



Automatique

< 30 s



3000 MW
(perte simultanée des 2
plus gros groupes de
production)
 540 MW

2 Réserve secondaire



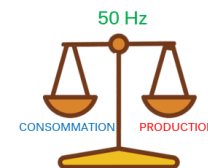
Automatique

< 400 s



500 - 1180 MW

3 Réserve tertiaire (Mécanisme d'Ajustement)



Manuelle

13 - 30 min



Réserve rapide : 1000 MW
Réserve complémentaire : 500 MW

Le Stockage rend deux catégories de services au système électrique

Services système - capacité

- Mécanisme de Capacité

Paiement de la capacité en €/MW/an

Réserve primaire - capacité

Paiement de la capacité en €/MW/h lors d'enchères journalières D-1.

Provision de service symétrique. Pay as clear

Réserve secondaire - capacité

Paiement de la capacité en €/MW/h lors d'enchères journalières en D-1.

Niveau national



Services système - énergie

- Réserve secondaire - Energie

Paiement de l'énergie en €/MWh selon les seuils définis dans les enchères

- Réserve tertiaire - Energie

Participation au mécanisme d'ajustement, enchères pay-as-bid, écarts élevés

- Marché de gros

Paiement de l'énergie en €/MWh, profitant de la volatilité

- Marché infra-journalier

Revenus générés par les fluctuations de prix

Le Stockage rend deux catégories de services au système électrique

Mécanisme d'équilibrage

- Réserve Primaire (*FCR – Frequency Containment Reserve*)
- Réserve Secondaire (*aFRR - Automatic Frequency Restoration Reserve*)
- Réserve Tertiaire (*mFRR - Manual Frequency Restoration Reserve*)

Rte

Autres mécanismes

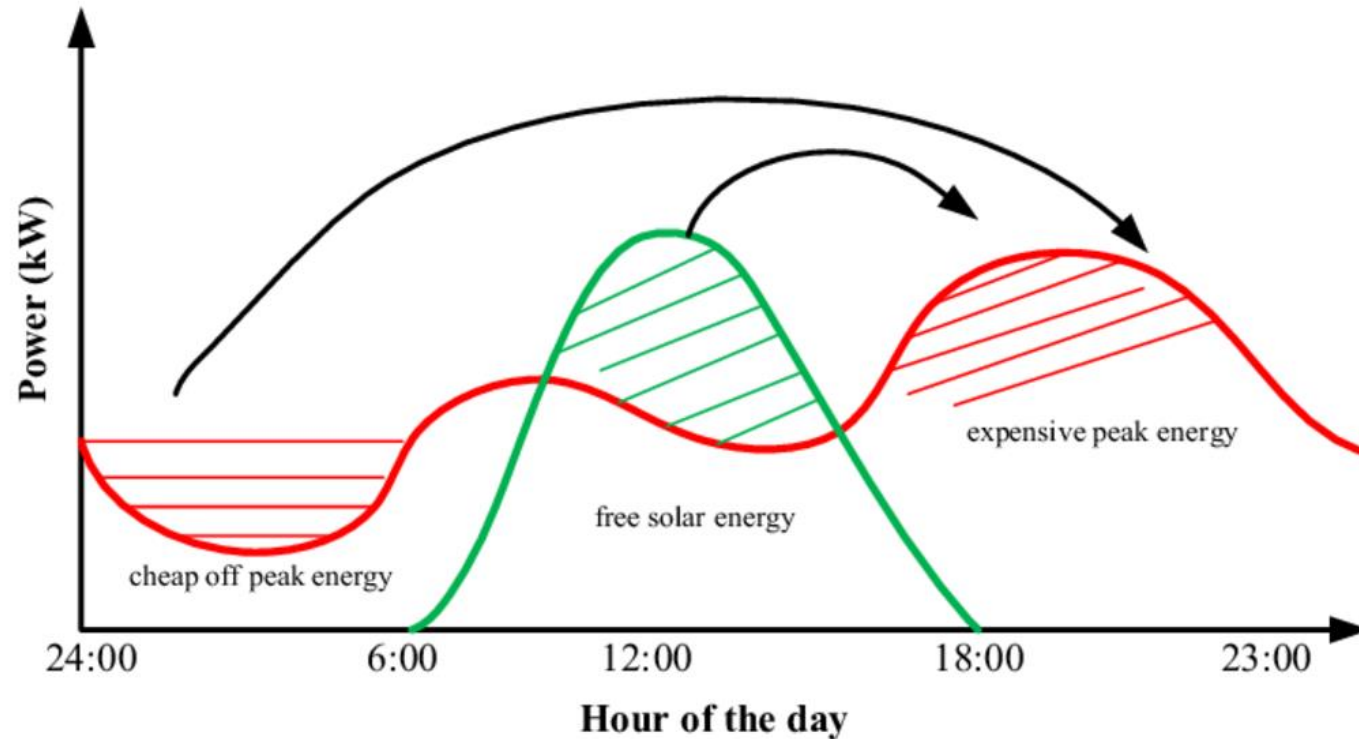
- Mécanisme de Capacité
- Arbitrage sur le marché de gros

> epexspot

Plusieurs types de flexibilité - sur des pas de temps longs...

- Au sein d'une journée, le load shifting, report de charge

Cela permet de stabiliser le réseau électrique, réduire les coûts d'énergie et intégrer davantage les énergies renouvelables.



Exemples de services rendus par des projets de stockage

Corse et Réunion, les premières implantation pour les projets de stockage de Corsica Sole



Giuncaggio (Corse)

Puissance : 5 MWc solaire,
2,5MW de stockage
Capacité du stockage : 7,5 MWh

Mise en service : 2019

Services rendus au réseau :
regulation de fréquence et
report de charge



Abondance (La Réunion)

Puissance : 5 MW

Capacité : 10 MWh

Mise en service : 2020

Services rendus au réseau :
regulation de fréquence et
report de charge

Le stockage en Europe

Le stockage en Europe BELGIQUE



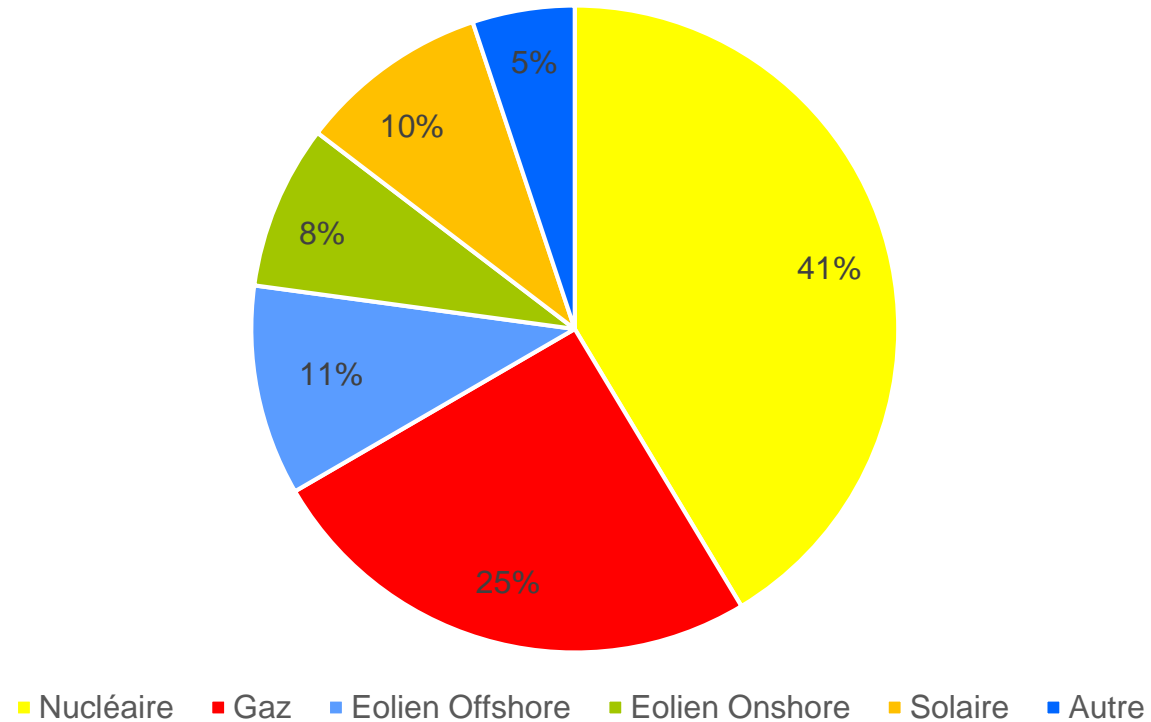
Centrale de stockage Corsica Sole - Deux-Acres, Belgique.

Les services systèmes rendus par le stockage en Europe BELGIQUE

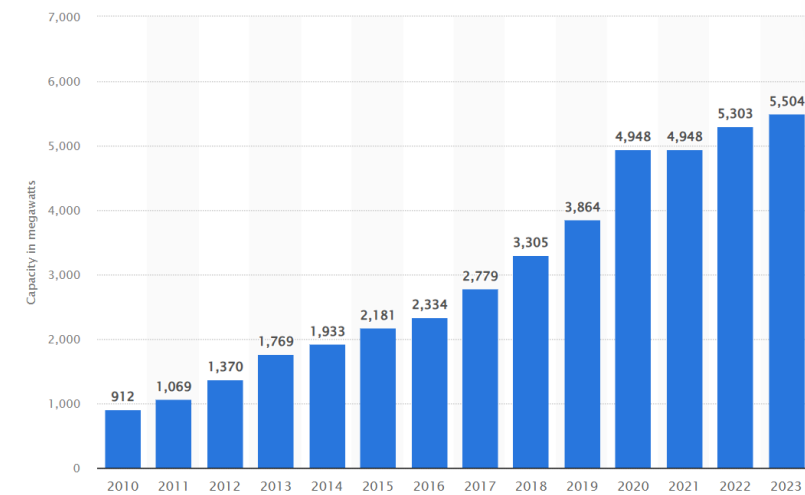
Pourquoi la Belgique ?

1 – Un mix énergétique favorable à l'implantation de batterie

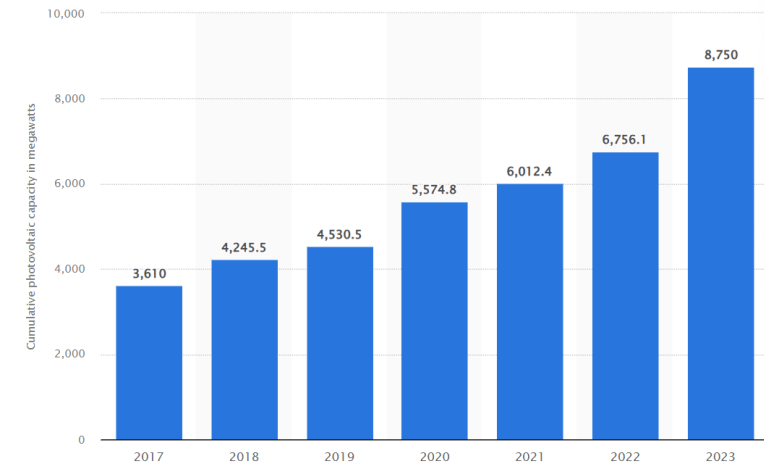
Production d'électricité en Belgique - 2023



Installed Wind capacity



Installed Solar capacity



2- Des marchés de flexibilité ouverts avec une grande liquidité, résolument favorables à l'arrivée de batteries

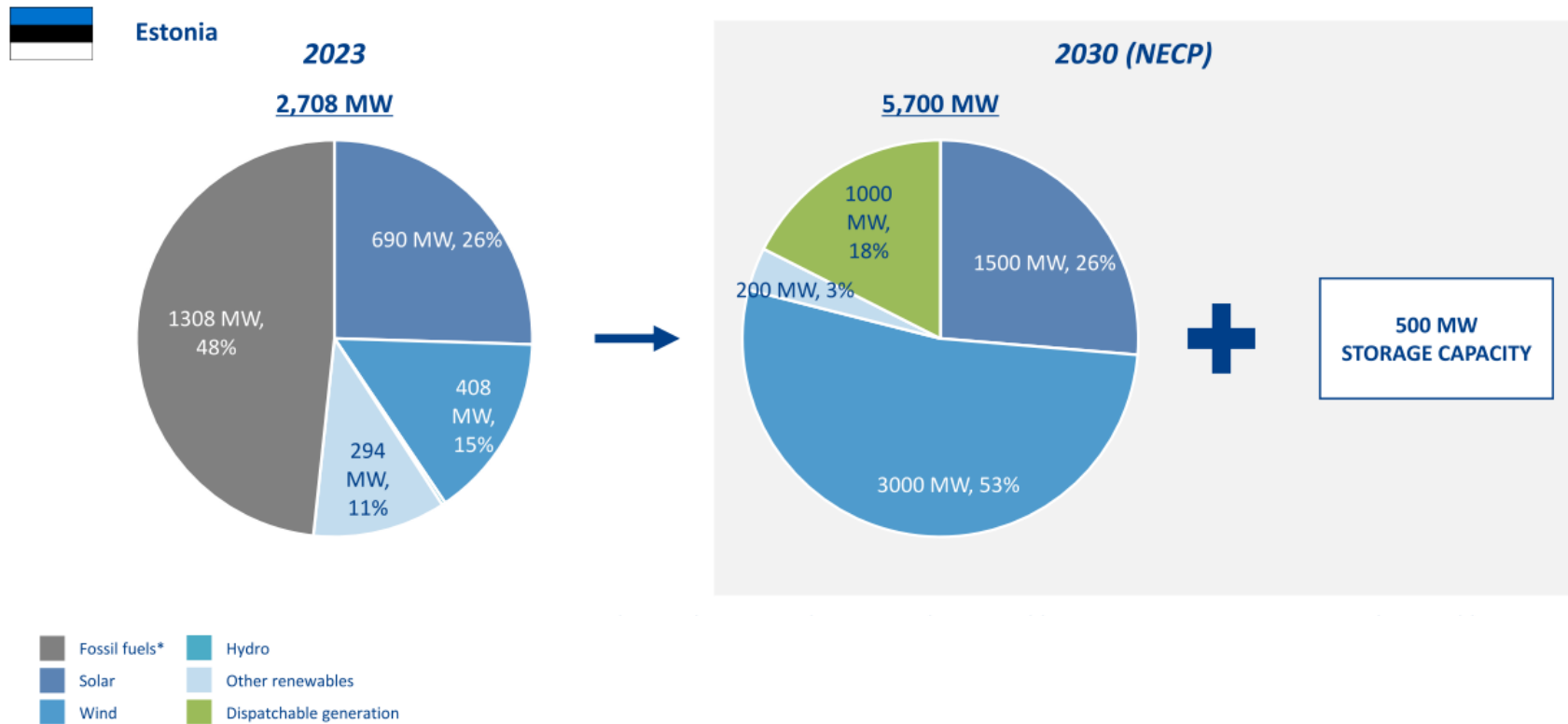
- Nous avons la possibilité, depuis la mise en service de notre centrale en Septembre 2022 de participer aux marchés de réserves services système (primaire et secondaire)
- Existence d'un marché de l'Imbalance : il est possible de capter des revenus en se mettant volontairement de déséquilibre, dans le bon sens, par rapport à son planning de production.

Les services systèmes rendus par le stockage en Europe

Estonie

1) Un mix électrique ultra carbonné avec de fortes ambitions dans le développement des ENRi

Estonian electricity mix – share of electricity installed capacity



Les modèles d'affaire du stockage en Europe

BALTES

Estonie

PAYS-

2) Le réseau électrique des pays Baltes est toujours synchronisé avec la Russie... Mais plus pour longtemps

- Le réseau des pays Baltes est très fortement interconnecté avec le réseau russe, depuis de nombreuses années ils ont arrêté d'échanger de l'énergie à travers ces interconnexions mais continuent d'échanger des services (inertie / flexibilité)
- Synchronisation avec le réseau électrique européen prévu en Q1 2025,
- Les Baltics sont dans la situation d'île électrique. Ils ne disposent que de deux interconnexions assez faibles avec la Finlande et la Pologne

3) Des savoirs faire multiples adaptés à cette situation unique

- Une expérience avec les gestionnaires de réseau dans l'élaboration de règles et procédure pour intégrer des batteries de tailles significatives sur le réseau
- Situation d'insularité électrique couplée à une forte pénétration des énergies renouvelables

Merci pour votre écoute.

