

STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ

Quels apports pour la transition énergétique?

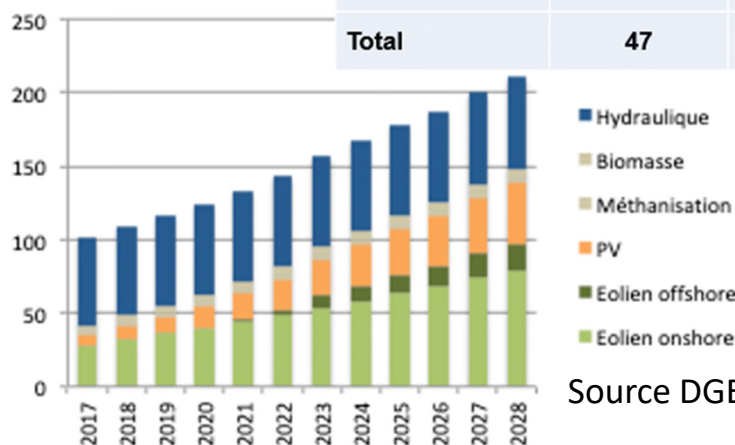
Patrick CANAL

Délégué général du Club Stockage
d'énergies



Une évolution du mix électrique augmentant les besoins de flexibilité à satisfaire à l'horizon 2035

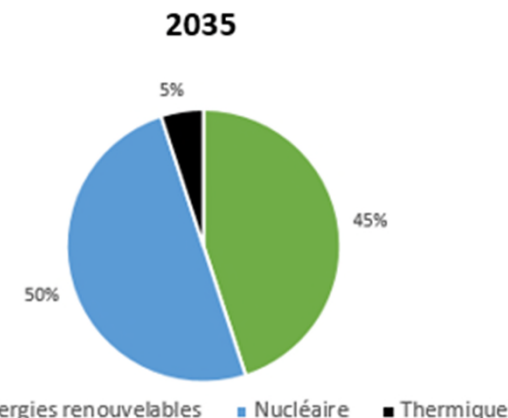
x2,5
Capacités
installées
d'éolien
terrestre



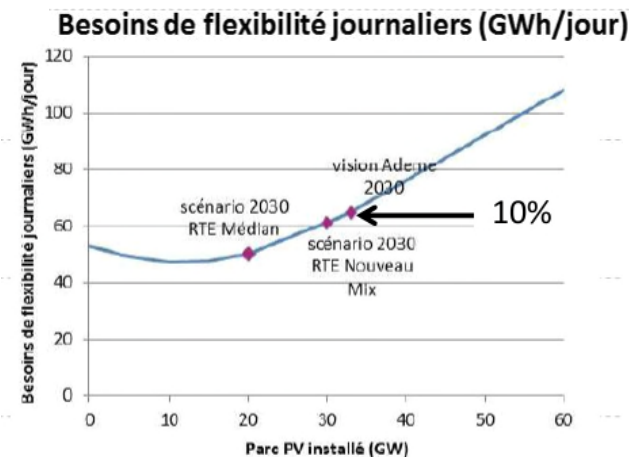
x5 à 6
Capacités
installées de
photovoltaïque

Source DGEC

Puissance installée (en GW)	2017	2023	2028
Eolien terrestre	13,5	24,6	34,1 à 35,6
Eolien en mer	0	2,4	4,7 à 5,2
Solaire PV	8,1	20,6	35,6 à 44,5
Méthanisation	0,14	0,27	0,34 à 0,41
Hydro-électricité	25,6	25,7	26,4 à 26,7
Total	47	74	101 à 112



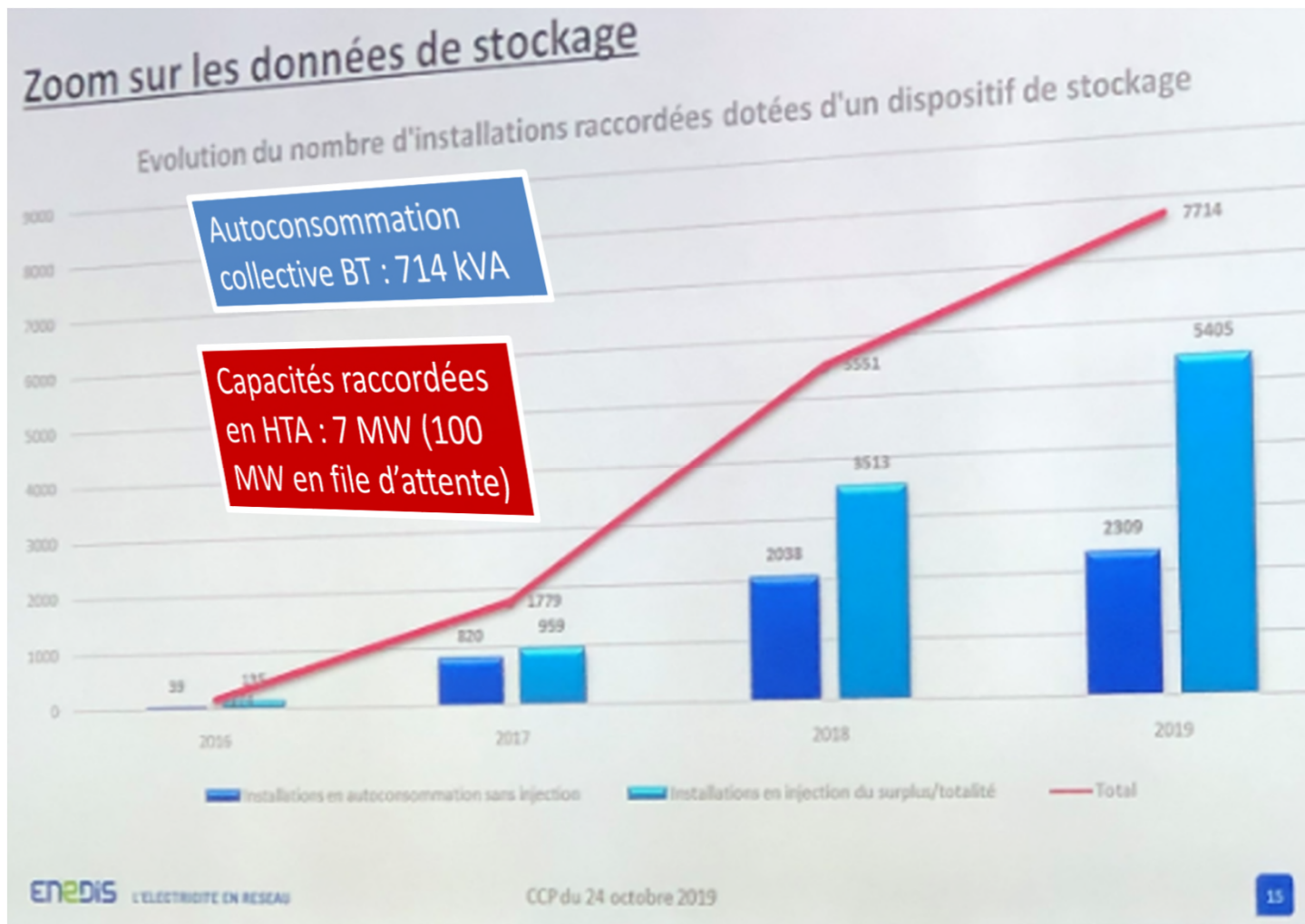
➔ 14 réacteurs nucléaires de 900MW fermés d'ici 2035 (dont 2 de Fessenheim), dont 4 à 6 fermetures pendant la PPE



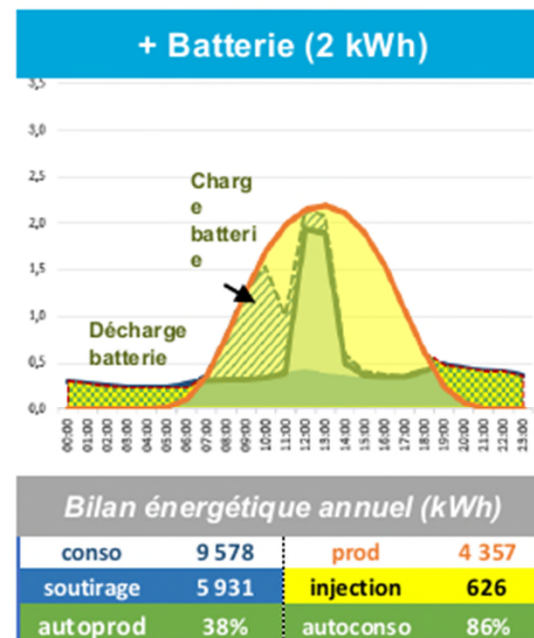
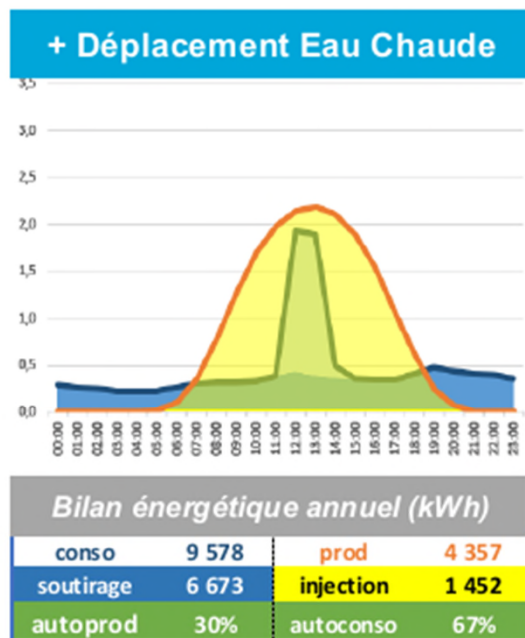
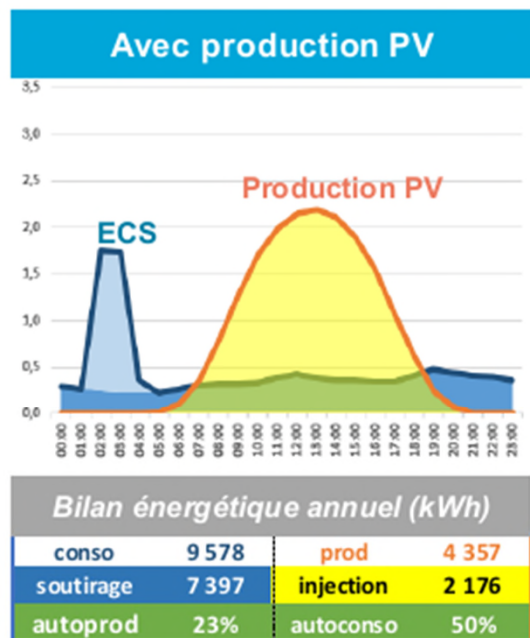
➔ D'après les analyses réalisées par RTE, les sources de flexibilité actuelles du système électrique devraient être suffisantes jusqu'à l'horizon 2030-35.

➔ La PPE vise à préparer un déploiement industriel du stockage à cet horizon, d'un point de vue technique et réglementaire.

Statistiques et profils des installations raccordées en BT



Le stockage résidentiel peut compléter les déplacements d'usage pour optimiser le taux d'autoconsommation



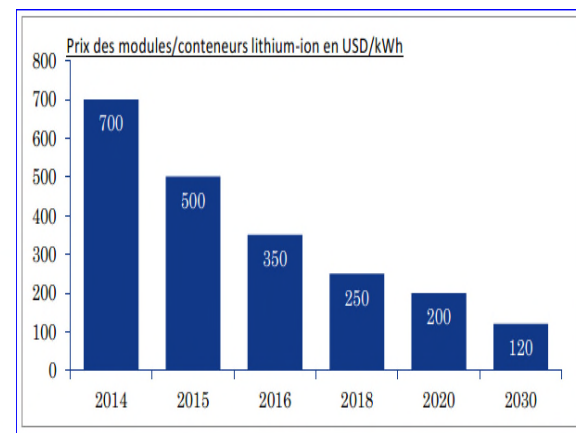
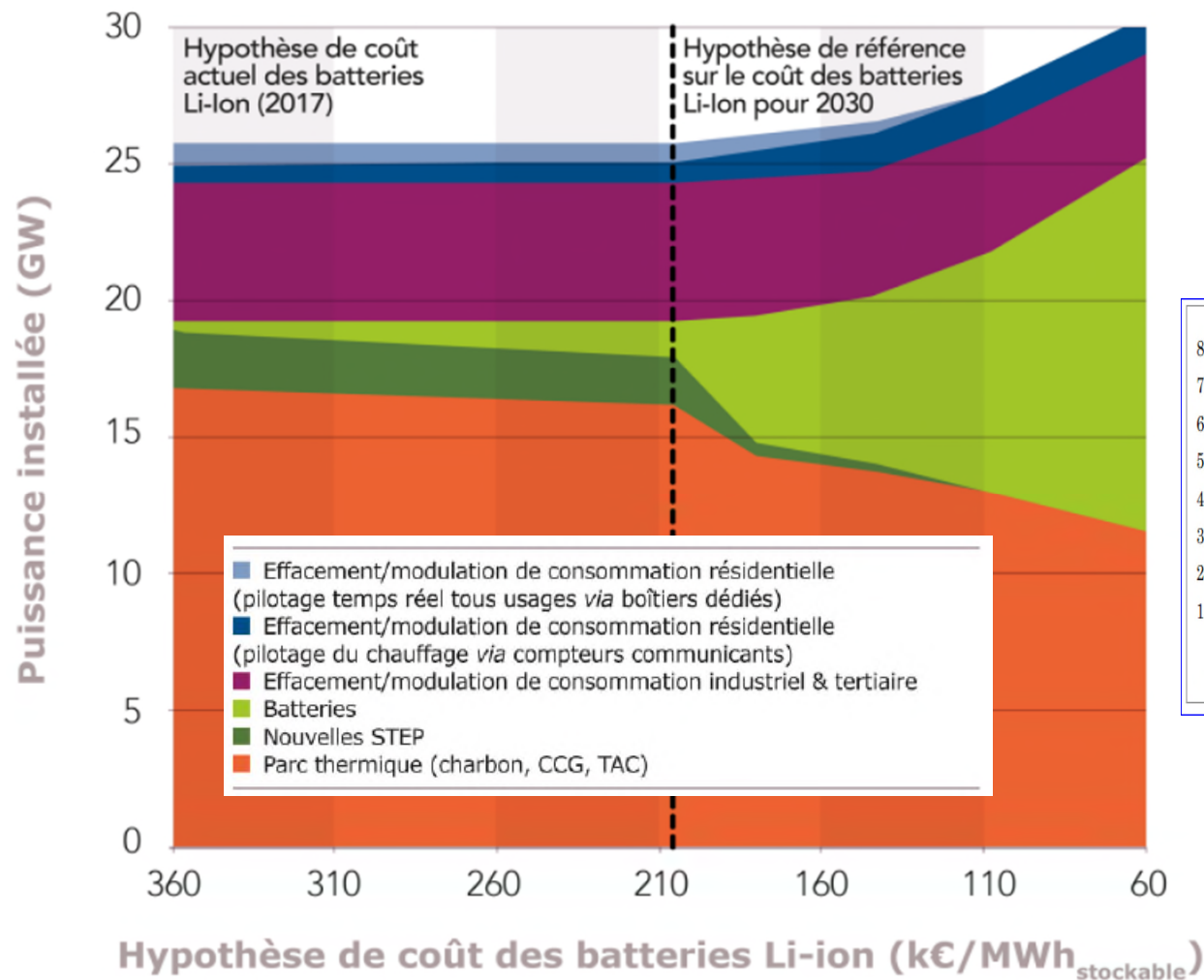
Exemple : consommateur à Nice (eau chaude sanitaire + chauffage) avec 3 kW_c de PV
conditions actuelles : TRV bleu, PV = 130 €/MWh, batteries = 514 €/MWh, rachat injection 100 €/MWh



On dénombre 120 000 centrales hybrides en Allemagne

Un intérêt évident pour la collectivité de favoriser l'AC, moyennant un soutien via un complément de rémunération vs plages horaires

Le développement du stockage par batterie pourrait être important sous l'effet de la baisse des capex pour la fourniture de services système

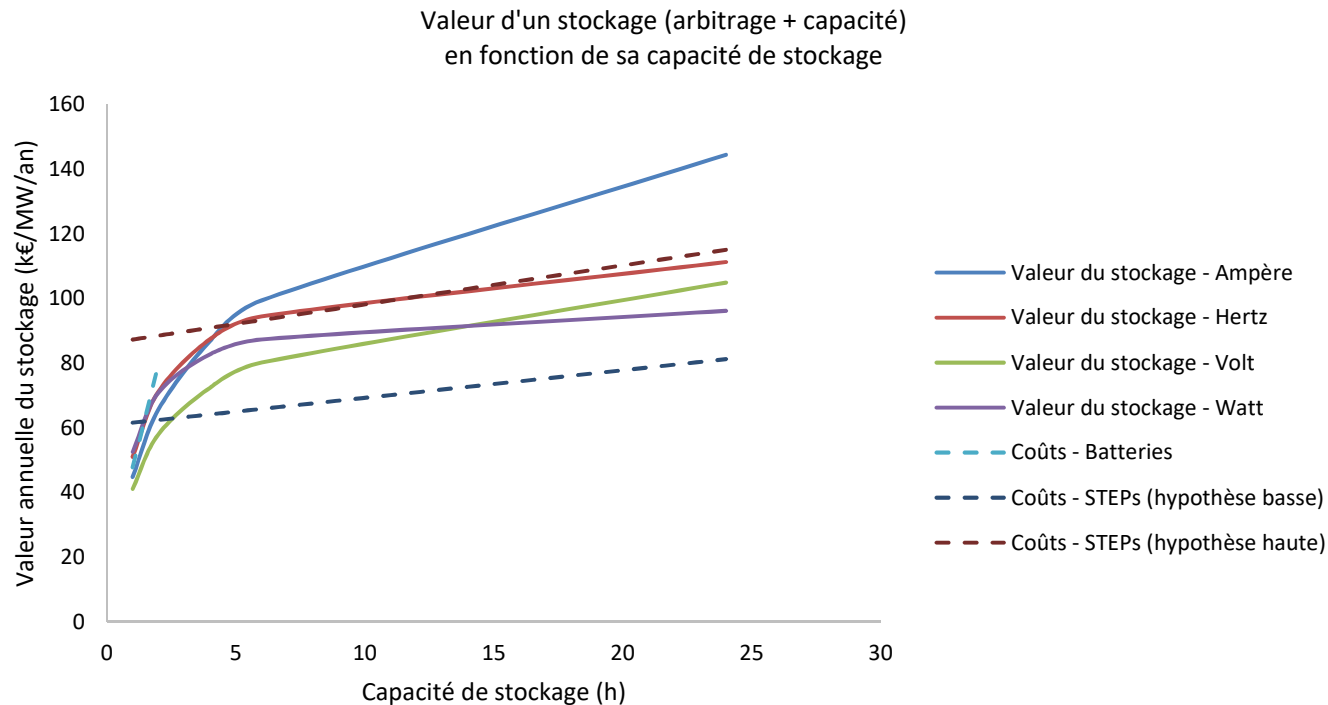


Source : Feuille de route batteries de la NFI

Source : RTE 2017 (rapport sur la valorisation des REI)

En métropole, des besoins pour des solutions de flexibilités complémentaires

Le stockage centralisé peut trouver une place dans le mix mais son intérêt économique reste très dépendant des coûts de la technologie et du scénario



Des perspectives plus favorables pour le P2G, mais dépendant fortement du coût de la tonne de CO₂ évitée attendu en 2030



¹ En remplacement de production centralisée d'hydrogène par vaporeformage

² En remplacement de production locale d'hydrogène par vaporeformage

³ Dans des conditions (volume, lieu, timing) ne générant pas de surcout lié à l'intégration d'hydrogène dans le réseau de gaz

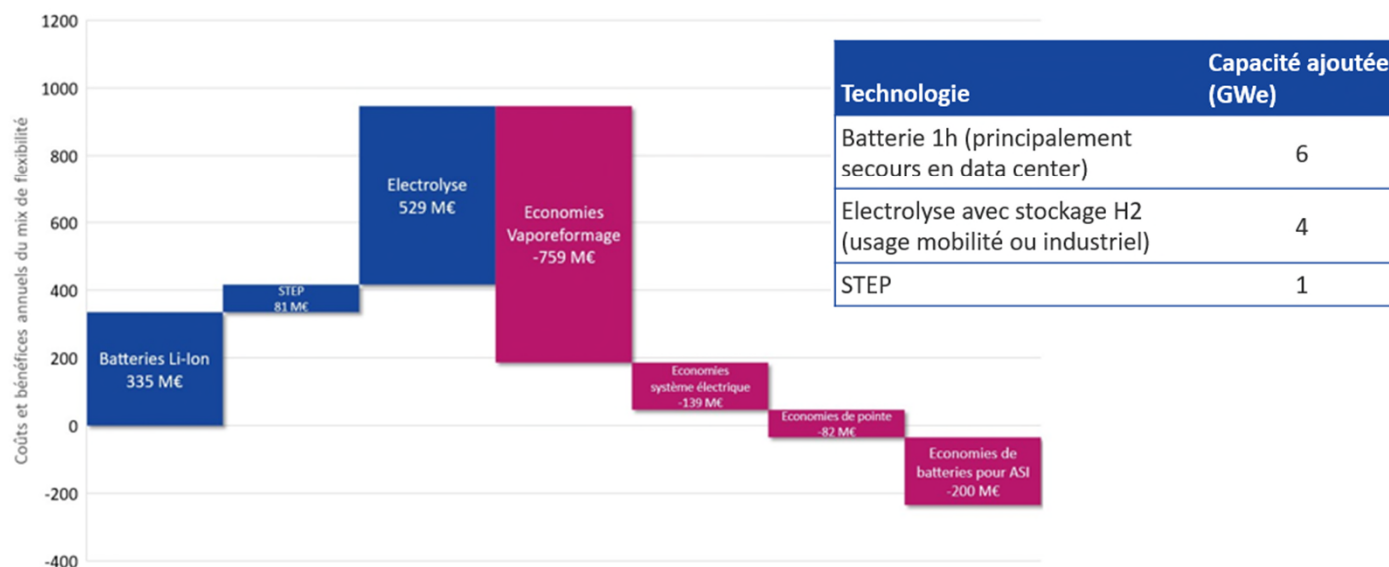
*Le gisement économique pour l'électrolyse décarbonée est évalué, à la marge du scénario Ampère (avec une hypothèse de prix CO₂ sur le marché ETS de 108 €/tCO₂), à **plus de 3 GW et 180 kt de production d'hydrogène décarboné** (soit ~20% de la demande actuelle d'hydrogène en France)*

Un mix optimal de flexibilités qui combine STEPs, batteries et électrolyse

Un mix optimal de flexibilités qui combine STEPs, batteries et électrolyse

Les investissements sont compensés par des économies de combustibles et CO₂ (systèmes électriques et gaz)

L'économie totale est de 240M€/an et 4Mt de CO₂



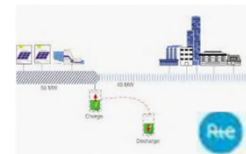
Les 1,5 à 2 GWe de Steps trouveront leur place dans la PPE, avec un gisement élevé pour les sites électro-sensibles (6 GW)

Les batteries 1 h sont rentables pour participer à la réserve de fréquence (I et II), mais avec un gisement limité.

Un gisement plus élevé en ZNI : Potentiel 300-400 MW de capacités de stockage, avec actuellement 161 MW de production PV avec stockage (dans le cadre des 4 AO émis depuis 2011) + nouveau guichet de 61 MW (119 M€)

Les mesures inscrites dans la PPE
pour le stockage d'électricité
(source DGEC)

- Développer des **stations de pompage** pour un potentiel de **1,5 GW** identifié (mise en service entre 2030 et 2035) ;
=> *Publication prochaine d'un avis de concession pour une STEP dans le Haut-Rhin*
- Mettre en place le **cadre permettant le déploiement de « lignes virtuelles »** d'ici 2028 (stockage-déstockage simultané pour limiter les congestions sur le réseau)
- Poursuivre les **efforts de R&D** (PIA, etc.) ;
- Rechercher les possibilités de **développer une filière française de batteries.**



PPE 2019-2028

L'hydrogène et le power-to-gaz

	2023	2028
Démonstrateur de puissance power to gas (MW)	1 à 10	10 à 100
Taux d'incorporation d'hydrogène décarboné dans l'hydrogène industriel au niveau national (%)	10%	20 % à 40 %
Véhicules légers à hydrogène (nombre)	5000	20 000 à 50 000
Véhicules lourds à hydrogène (nombre)	200	800 à 2 000

Principales mesures de promotion de l'hydrogène dans la PPE :

- Mettre en place un fonds de soutien au développement de l'hydrogène doté de 100M€ et lancer des appels à projet sur la mobilité et la production d'hydrogène à l'aide d'électrolyseurs ;
- Mettre en place d'ici 2020 un système de traçabilité de l'hydrogène décarboné.

Principales mesures de promotion de l'hydrogène dans la loi énergie climat :

- Mettre en place un dispositif de traçabilité de l'hydrogène;
- Introduire un dispositif de soutien pour l'hydrogène produit à partir d'énergie renouvelable ou par électrolyse de l'eau à l'aide d'électricité bas-carbone.



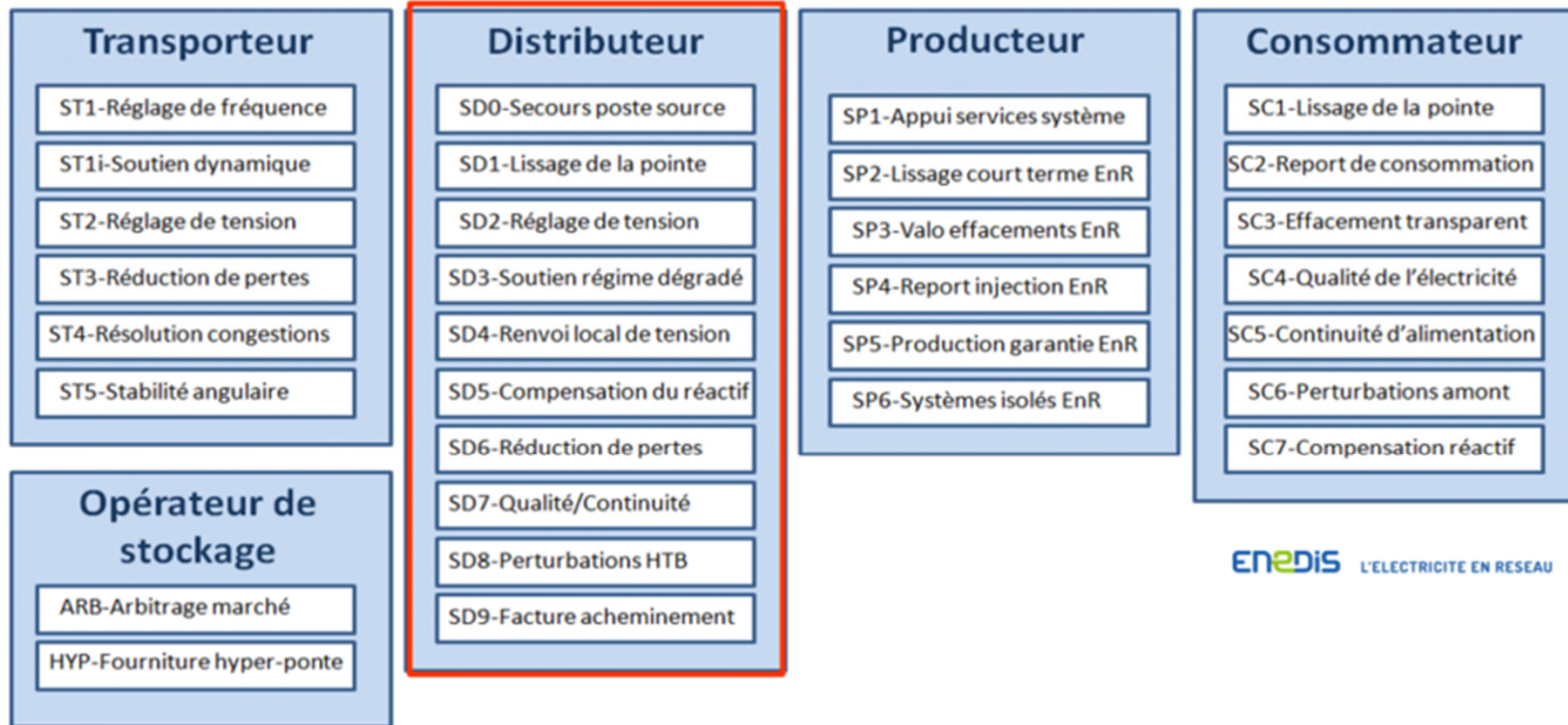
Pistes à l'étude avec la DGEC et la CRE pour faciliter le développement du stockage

Lever les barrières au développement du stockage, dont :

1. Conditions de raccordement et d'accès aux réseaux adaptées au SE
 - *Cartographies zones de contraintes publiées par les ORD/T*
 - *Adaptation des DTR (Documentations techniques de référence)*
2. Évolution du TURPE₆ pour une meilleure intégration du SE
3. Garanties d'origine à valoriser (
 - *Conservation des droits attachés à une production EnR stockée*
4. Passage en revue des différents dispositifs de soutien pour évaluer l'opportunité d'autoriser l'ajout de dispositifs de stockage
 - *Autoconsommation*
 - *Productions EnR hybrides*
5. Réflexions sur l'exonération de la TICFE (ex-CSPE) au stockage
 - *Deux principes régissent l'assiette de calcul de la TICFE : la définition de la consommation finale d'énergie et le principe de non double-taxation.*
 - *Un rescrit douanier doit au cours des prochains mois conduire à un positionnement sur la TICFE.*
6. Transposer à droit français les Directives européennes au stockage.



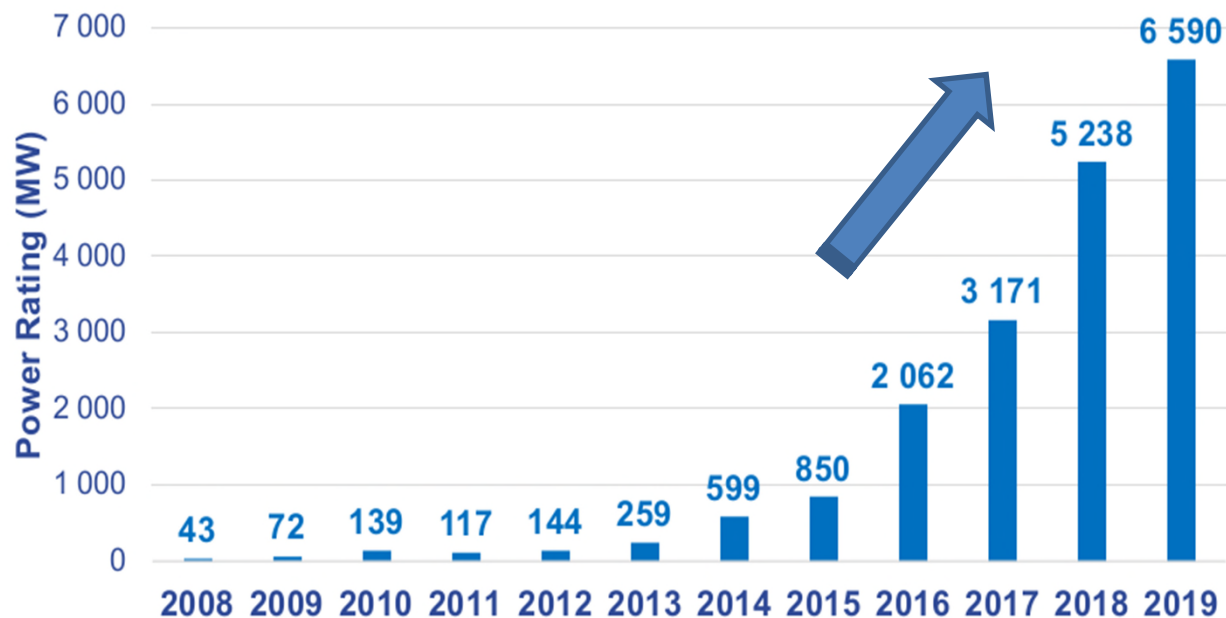
Le stockage peut fournir de nombreux services à de multiples acteurs



Le stockage constitue depuis longtemps un levier de flexibilité pour la gestion du système électrique et des réseaux (STEP, ballons d'eau chaude sanitaire,...).

Un marché mondial des batteries en pleine expansion

Statistiques de déploiement des SE (hors STEP de 120 GW) depuis 2008



Source: Clean Horizon's

Marché mondial des systèmes électrochimiques pour la mobilité
= US \$ 95Mds
(~+9%/an)

Un cumul mondial de 25 GW de capacités batteries à fin 2019, dont 77% sont en cours de développement, et 90% avec la technologie Li-ion (+ ~7% de Na-S > 98% de batteries électrochimiques).

Une forte présence des acteurs français sur toute la chaine de valeur des batteries...



Constat :

Un tissu d'industriels de la batterie existe en France sur tous les segments

Besoin d'un marché national pour

- *amorcer la filière avec une offre différenciante*
- *renforcer le développement à l'export*

- **Poursuite des appels d'offres pour les installations hybrides et pour les dispositifs de stockage dans les ZNI.**
 - *Lancement de 4 appels d'offres en ZNI pour la production photovoltaïque + stockage depuis 2011 : 161 MWc de production (résultats du 4^{ème} appel d'offres non connus) ;*
 - *Mise en place d'un guichet stockage ZNI en 2018 : 61MW de stockage et 119 M€ de soutien ;*
 - *Appels d'offres autoconsommation.*
- **Soutien ponctuel à des projets pilotes/démonstrateurs en France métropolitaine.**
- **Elargissement des domaines d'intervention du FACÉ pour pouvoir financer par exemple des installations de stockage en milieu rural.**

Évolutions technologiques attendues sur les batteries

Une évolution progressive vers la 4^{ème} génération

Génération	3a	3b	3b+	4a	4b
Électrode négative	SiOx (<5%) Graphite	SiOx (<10%) Graphite	SiOx (<10%) Graphite	SiOx (<10%) Graphite	Li métal (anodeless)
Électrode positive	NMC622 NCA	NMC811 NCA	NMC811 NCA	NMC811 NCA	NMC811 NCA
Électrolyte	Liquide	Liquide	Gélifié	Solide	Solide
Objectifs	300 Wh/kg 700 Wh/l	350 Wh/kg 750 Wh/l	350 Wh/kg 750 Wh/l	350 Wh/kg 800 Wh/l	430 Wh/kg 1100 Wh/l

Li-ion avancé

Amélioration de la
sécurité

Li-ion « tout solide »

Electrolyte « tout solide »
→ Amélioration de la
sécurité (?)

Source : CEA Liten