

PLACE DU STOCKAGE D'ÉNERGIES DANS LA PPE

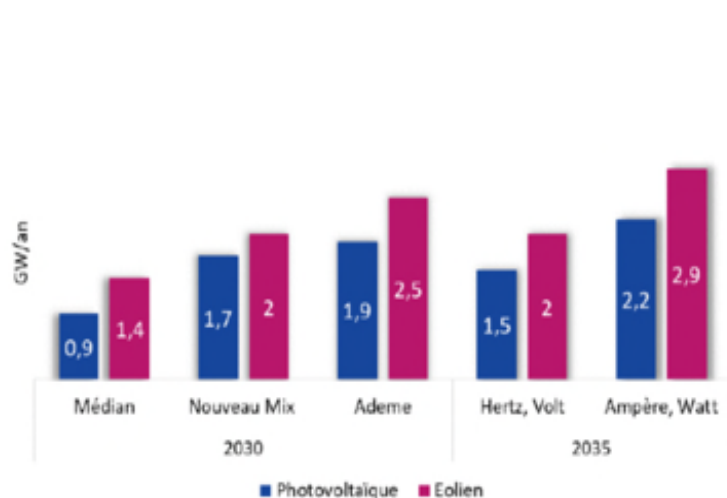
Patrick Canal

Délégué général du Club Stockage d'énergies

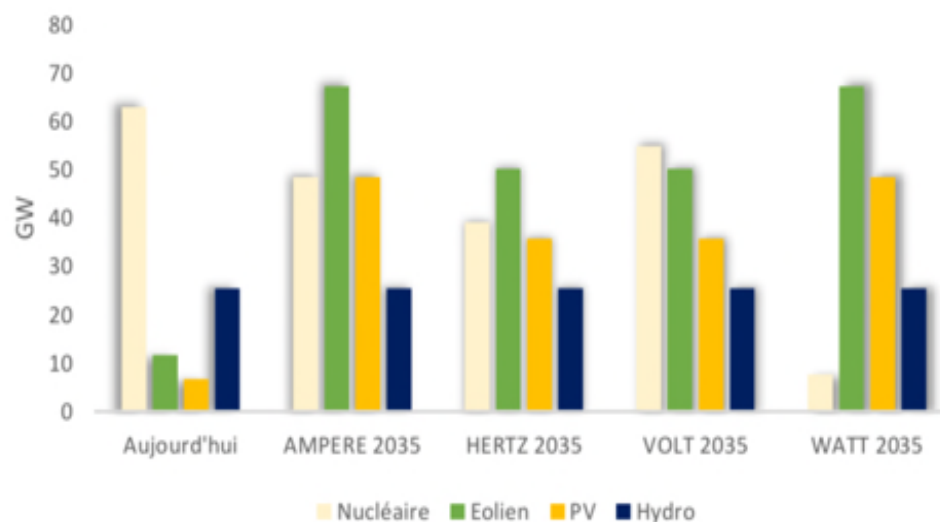


UN CONTEXTE D'ACCROISSEMENT DES BESOINS DE FLEXIBILITÉ ET UN MARCHÉ DEVENUS PLUS FAVORABLES AU DÉVELOPPEMENT DE SOLUTIONS DE STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ

Les scénarios du Bilan Prévisionnel 2017 prévoient un déploiement du PV et de l'éolien bien supérieur à celui prévu dans les scénarios du BP 2014 utilisés dans l'étude PEPS1



Rythme de déploiement de nouvelles capacités installées PV et éoliennes, en GW par an à partir de 2016

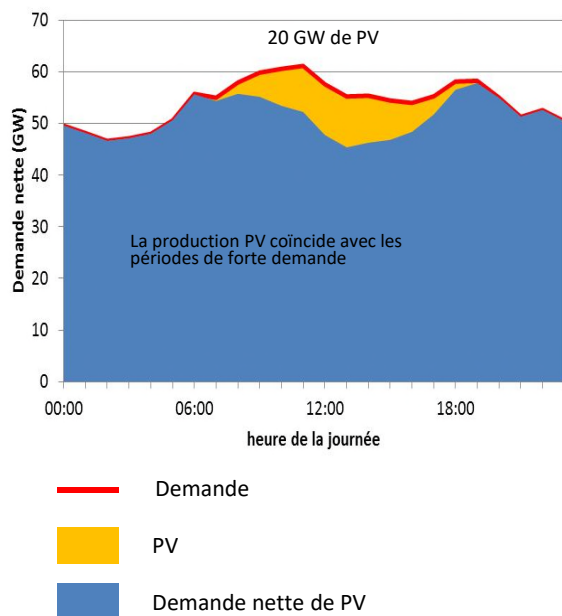


Capacités installées en nucléaire, éoliennes, PV et hydro aujourd'hui et dans les scénarios RTE 2035

Or, le marché du stockage d'énergies est fortement conditionné par les besoins de flexibilité des systèmes énergétiques, croissants avec la pénétration des EnR intermittentes

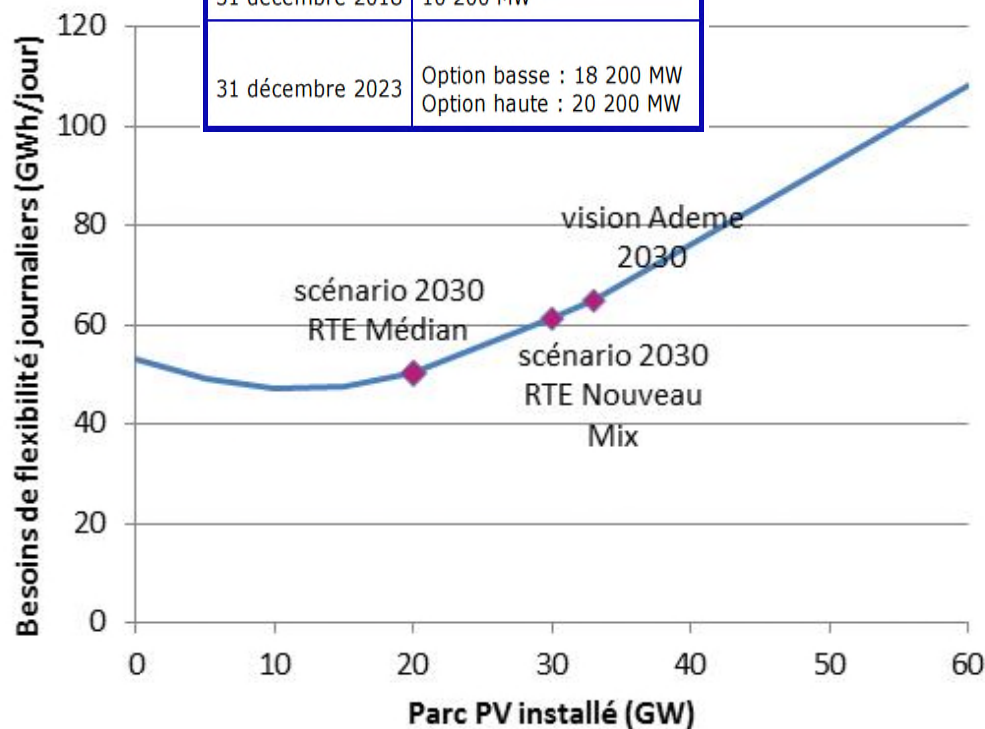
DES BESOINS DE FLEXIBILITÉ CROISSANTS POUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES EN INFRA-JOURNALIER AUTORISANT SURTOUT UNE PART CROISSANTE DE COUPLAGE PV/BATTERIES...

En apportant sa contribution à la pointe de journée le PV *commence à stabiliser le système électrique avant de le déséquilibrer*, au-delà de 15-20 GW de capacités nationales cumulées



ARRÊTÉ PPE
pour P

	PUISSANCE INSTALLÉE PUISSANCE INSTALLÉE
31 décembre 2018	10 200 MW
31 décembre 2023	Option basse : 18 200 MW Option haute : 20 200 MW

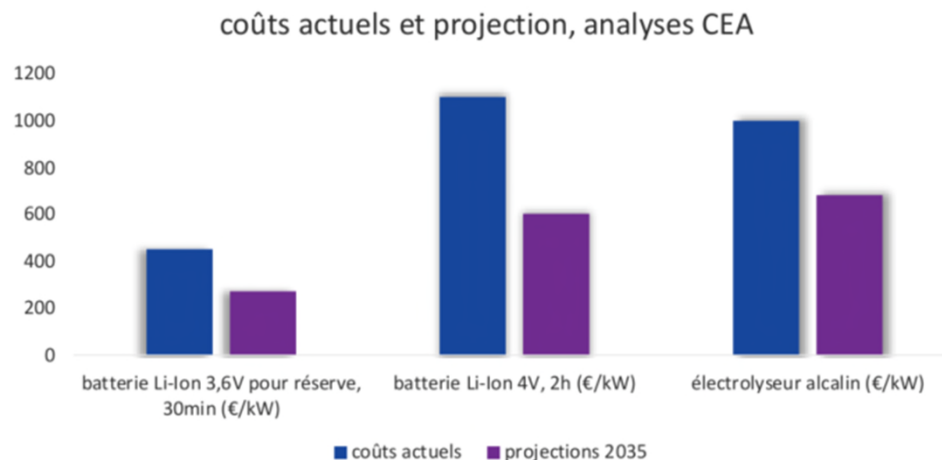




DANS UN CONTEXTE D'ÉVOLUTION FAVORABLE DES COÛTS DES TECHNOLOGIES DU STOCKAGE (CAPEX ET OPEX)...

Une baisse prévue des coûts des technologies de stockage et power to gas

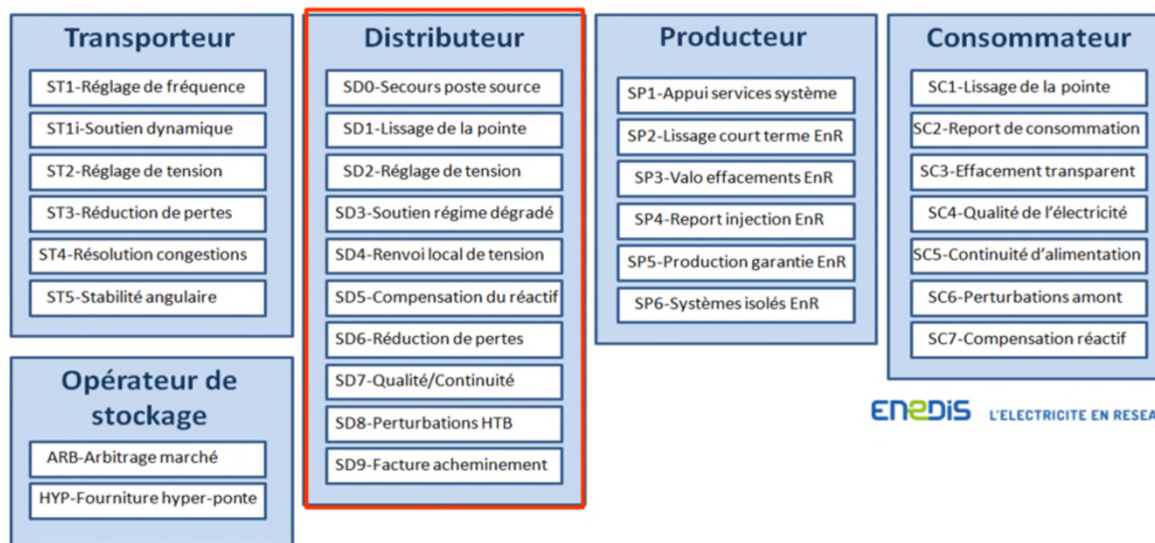
Le coût des batteries et des électrolyseurs suit une tendance décroissante forte qui est vouée à se prolonger.



Inclus dans les CAPEX: conversion, BoS (transformateur, protection...), auxiliaires et installation.
Les valeurs affichées sont pour des systèmes d'1MW ou plus.

LE STOCKAGE ASSURE DE NOMBREUX SERVICES AUX SYSTÈMES ÉLECTRIQUES...

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,...).

UNE FORTE PRÉSENCE DES ACTEURS FRANÇAIS SUR TOUTE LA CHAÎNE 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*



L'ÉTUDE PEPS4, RÉALISÉE EN 2018, CONFIRME LA PERTINENCE ÉCONOMIQUE ACTUELLE DE NOMBREUX CAS D'ÉTUDES POUR 4 SCÉNARIOS DU BILAN PRÉVISIONNEL DE RTE...

Analyse de plusieurs cas d'étude, à la marge de scénarios référents.

L'étude s'intéresse à la valeur du stockage et du power-to-gas pour la collectivité, calculée par modélisation et simulation des systèmes énergétiques avec Artelys Crystal dans chacun des cas

Stockage centralisé en métropole

Stockage centralisé pour les arbitrages électriques, la participation aux services systèmes et à la pointe de consommation

Power-to-gas

Production d'hydrogène par électrolyse de l'eau pour l'industrie, la mobilité et l'injection dans le réseau de gaz en France métropolitaine

Véhicules électriques

Vehicle-to-grid pour les véhicules électriques en France métropolitaine

Alimentation sans interruption

Stockage pour service ASI (UPS) sur site tertiaire ou industriel en métropole

Autoconsommation collective

Stockage pour l'autoconsommation collective dans un bâtiment faible consommation en métropole

Site isolé

Stockage + PV sur un site éloigné des réseaux nationaux

Pays en forte croissance

Stockage pour faciliter le développement des EnR dans un pays dont la demande est en forte croissance

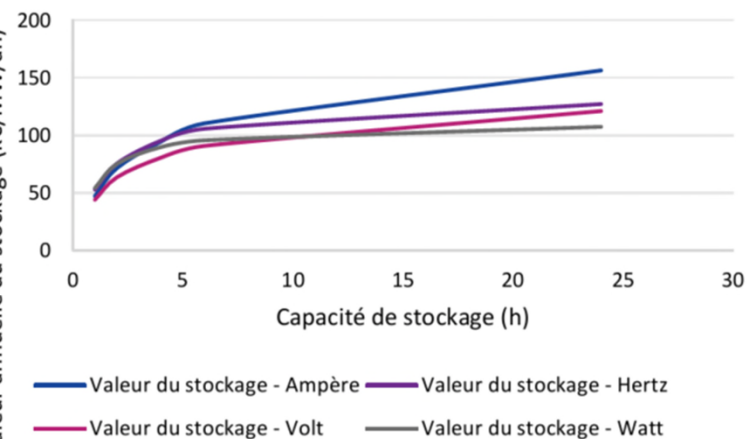
Zones non-interconnectées

Stockage centralisé pour arbitrage, réserve et capacité ou stockage en complément de production solaire (AO CRE)

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

Valeur d'un stockage (arbitrage + capacité)
en fonction de sa capacité de stockage



En €/kW/an	Coût annuel		Valeur du stockage (arbitrage + capacité)			
	Hypothèse basse	Hypothèse haute	Ampère	Hertz	Volt	Watt
Batterie li-ion (1h, 85%)	34	48	47	53	44	54
Batterie li-ion (2h, 85%)	58	80	72	75	64	75
CAES (6h, 75%)	65	100	99	94	80	83
STEP (24h, 80%)	81	115	154	124	120	102

Les 1,5 à 2 GWe de Steps trouveront leur place dans la PPE
Les batteries rentables pour participer à la réserve de fréquence, mais avec un gisement limité

Intéressant pour l'hypothèse de coût basse uniquement

Intéressant pour les 2 hypothèses de coûts considérées



LES PERSPECTIVES DU POWER TO GAS DÉPENDENT FORTEMENT DU COUT DE LA TONNE DE CO₂ ÉVITÉE ATTENDU EN 2030

Coût de la tonne de CO₂ évitée pour différentes technologies de production de gaz décarboné en 2035



¹ En remplacement de production centralisée d'hydrogène par vaporéformage

² En remplacement de production locale d'hydrogène par vaporéformage

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



LES CAPACITÉS DE STOCKAGE EN SECOURS SUR DES SITES TERTIAIRES OU INDUSTRIELS PEUVENT FOURNIR DES SERVICES DE FLEXIBILITÉ À MOINDRE COÛT

Les batteries UPS existantes, nécessaires pour se prémunir contre les interruptions de courant, sont principalement au plomb et à courte durée de décharge (15 min)

Elles pourraient être remplacées en fin de vie par des batteries de quelques heures pour servir à l'arbitrage et couvrir la pointe de demande.

Le gisement représente environ **6 GW de capacité en France*** (batteries de plus de 200kW)

En (k€/MW/an)	Utilisation de batteries Li-Ion 1 h	Utilisation de batteries Li-Ion 2h
Coût d'investissement supplémentaire** (k€/MW/an)	21	49
Valeur du stockage (arbitrage + capacité) AMPERE	47	72
Valeur du stockage (arbitrage + capacité) HERTZ	53	75
Valeur du stockage (arbitrage + capacité) VOLT	44	64
Valeur du stockage (arbitrage + capacité) WATT	54	75

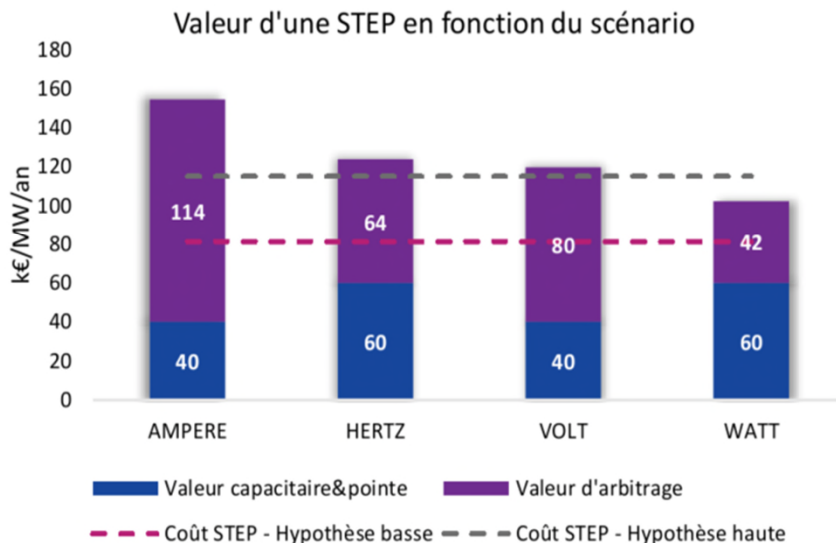
*Source : Etude Ricardo AEA sur l'UPS pour la Commission Européenne

** Ces valeurs se basent sur l'hypothèse haute pour les batteries li-ion et incluent les économies réalisées par l'investissement évité en batterie plomb: les batteries Li-Ion gardant en permanence une capacité de décharge de 15min, elles peuvent donc fournir un service UPS équivalent

ENJEUX ÉCONOMIQUES ET RISQUES INDUSTRIELS POUR LE STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ ET LE POWER-TO-GAS

Même pour les cas d'usage rentables, le risque économique est important

La valeur du stockage et du power-to-hydrogen varie considérablement en fonction du scénario. La demande, les capacités EnR et nucléaires et les coûts des combustibles et du CO₂ sont des facteurs qui influent sur la rentabilité et rendent ces actifs économiquement risqués.



Cas d'un électrolyseur pour l'industrie, avec stockage				
	Ampère	Hertz	Volt	Watt
Coût annuel de l'électrolyseur, M€/an (pour 100MW)	22	22	22	22
Prix CO ₂ (€/t)	108	32	32	108
Revenus annuels, M€/an	30	7	17	3

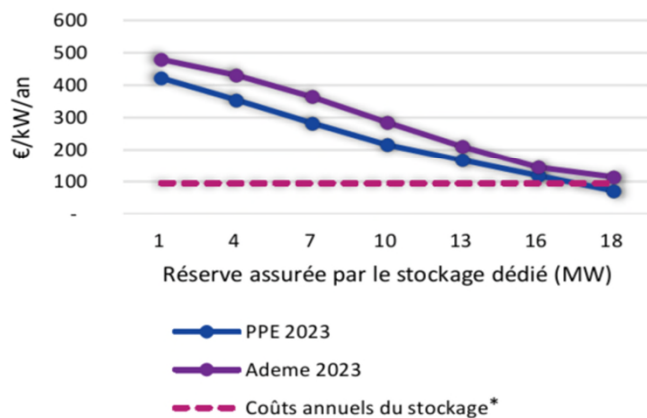


UNE FORTE RENTABILITÉ DU STOCKAGE « RAPIDE » DANS LES ZONES NON INTERCONNECTÉES (ZNI)

Les stockages de quelques heures captent la majorité du potentiel d'arbitrage

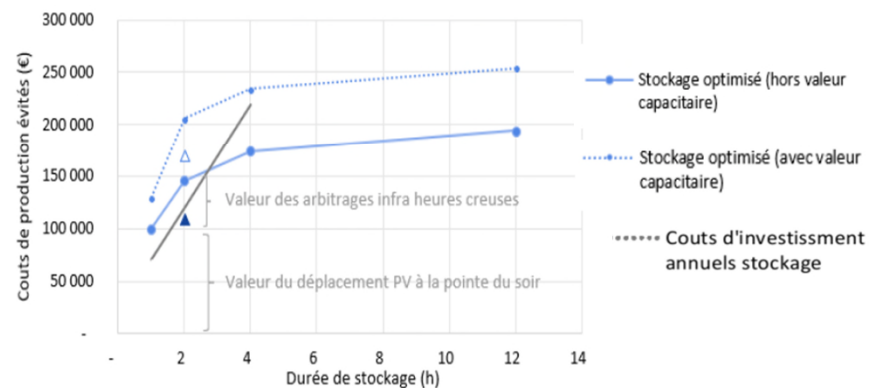
- Le stockage pour la réserve rapide est très intéressant quelque soit le scénario (économie de coûts de démarrage et meilleure utilisation du parc)
- Un gisement pour du stockage pour arbitrage se dégage s'il est piloté de façon dynamique. Sa valeur pour la collectivité est très supérieure (+30%) à celle d'un stockage piloté par un signal tarifaire statique.

Valeur d'un stockage dédié à la réserve



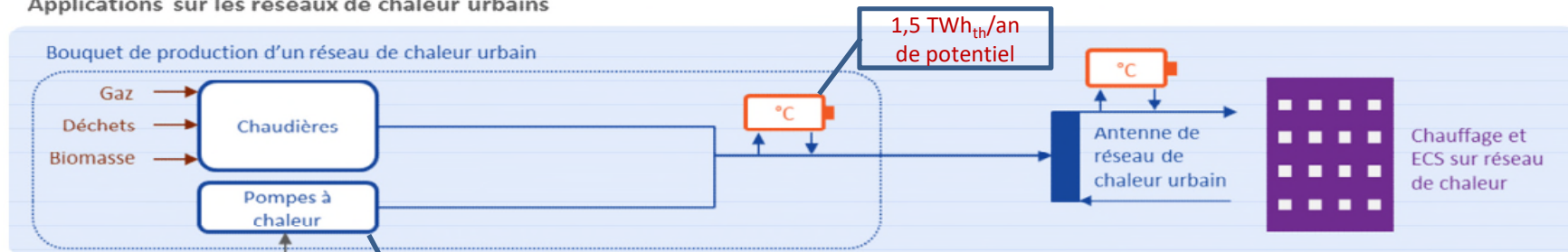
*Borne basse des coûts actuels de stockage (données CEA). Hypothèse de 48€/kW/an pour le coût réseau

Valeur système de 1 MW de stockage centralisé supplémentaire

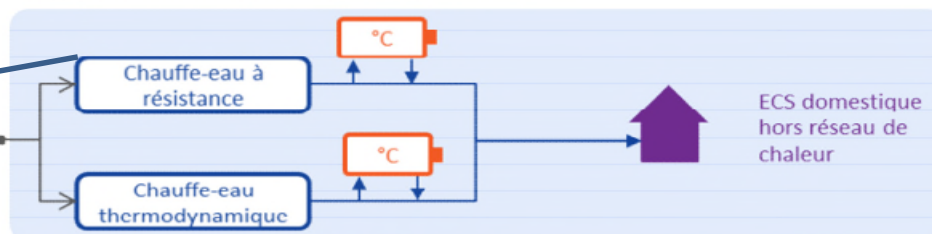


LE STOCKAGE DE CHALEUR ET LE P2H NE DOIVENT PAS ÊTRE OMIS PAR LA PPE DU FAIT DE LEURS POTENTIELS

Applications sur les réseaux de chaleur urbains



Applications domestiques décentralisées



Applications industrielles



Gisement de chaleur fatale
7 TWh_{th}/an >350°C
51 TWh_{th}/an <100°C



Stockage d'énergie thermique



Production de chaleur



Consommation de chaleur



Chaleur



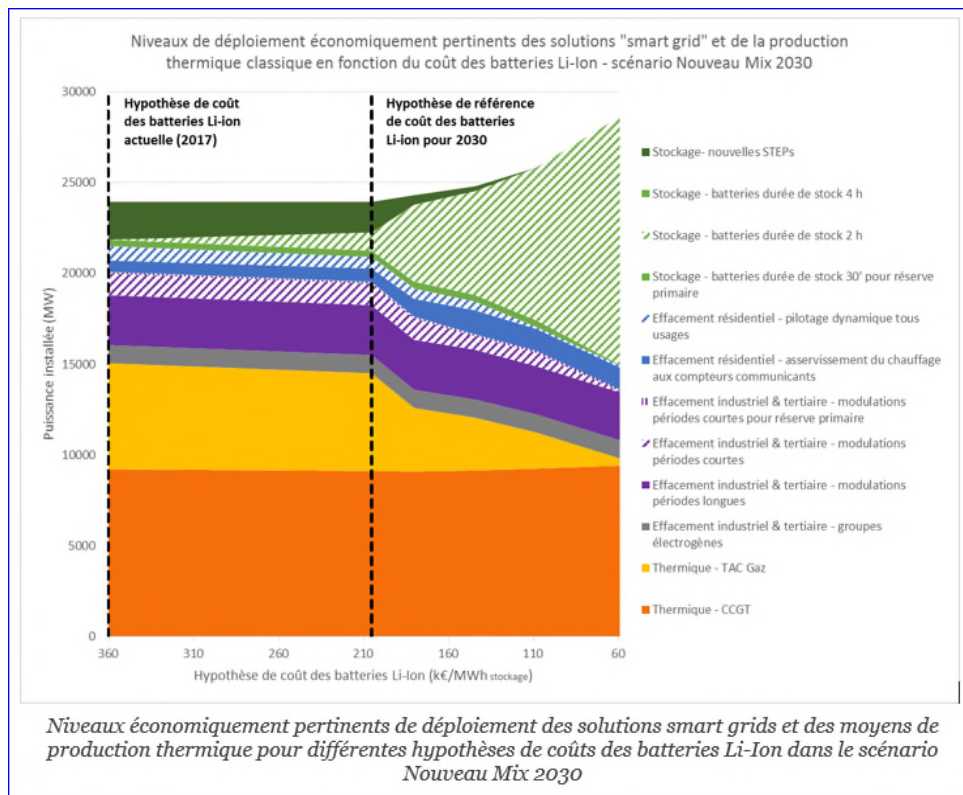
Electricité



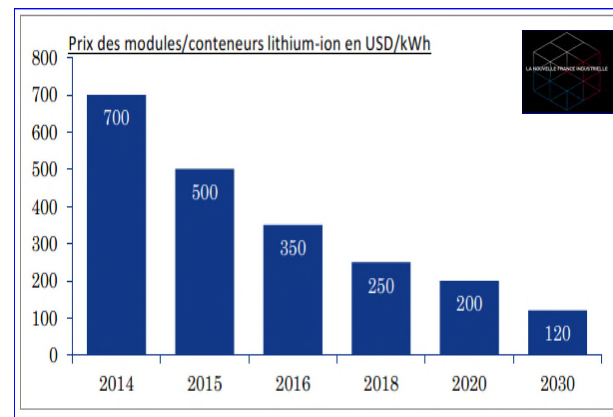
Combustible

LE DÉVELOPPEMENT DU STOCKAGE D'ÉLECTRICITÉ VA DÉPENDRE DES CAPACITÉS DE LA FILIÈRE À POURSUIVRE LA BAISSÉ DES COÛTS (CAPEX ET OPEX)

Le seul marché des batteries li-ion évalué par RTE à environ 5 GWe en métropole en 2030 à un coût de 200 €/MWh



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



Source : Feuille de route batteries de la NFI



Une étude BNEF (Bloomberg New Energy Finance) de 2016 estime la puissance installée de **45 GW en 2024** soit un marché annuel de 10 GW (1,5 GW de projets concrétisés d'ici fin 2018)

FEUILLE DE ROUTE PROPOSÉE PAR LE CLUB STOCKAGE D'ÉNERGIES SUR LA BASE DES DIFFÉRENTES ÉTUDES PEPS RÉALISÉES DEPUIS 2013

- Poursuivre le développement du stockage journalier et hebdomadaire pour l'optimisation de l'équilibre offre demande : 1 GWe estimé à 2035 en complément des Steps
- Promouvoir l'utilisation du stockage rapide pour assurer la réserve de fréquence
- Favoriser le développement du stockage mutualisé entre plusieurs types de services : secours + autres services dont l'autoconsommation,... : potentiel de plusieurs GW_e
- Promouvoir le développement du stockage de chaleur raccordé à des réseaux de chaleur : Potentiel de 1 GWh_{th} à horizon 2030
- Promouvoir le développement du stockage thermique sur les sites industriels : plusieurs dizaines de GWh_{th} s'avèrent accessibles

Un GT « stockage thermique » dans le club
visant à répondre à ces objectifs

- ◆ Un élan pour le stockage qui est mondial et qui accompagnera l'électrification
- ◆ L'Allemagne et l'Angleterre en quête de flexibilités
 - L'*EnergieWende* allemande et la loi EEG 2017 font de plus en plus de place au stockage
 - UK : une moindre interconnexion et des besoins de flexibilité rapide propices au stockage



LA MOBILITÉ ÉLECTRIQUE VA DYNAMISER LE STOCKAGE

- Baisse des coûts des batteries
- Smart charging et/ou V2G
- Batteries de seconde vie

Le GT « mobilité » du club
stockage d'énergies va
approfondir ces aspects

FEUILLE DE ROUTE PROPOSÉE PAR LE CLUB STOCKAGE D'ÉNERGIES SUR LA BASE DES DIFFÉRENTES ÉTUDES PEPS RÉALISÉES DEPUIS 2013

► Au service de la flexibilité, le stockage devra lui-même être flexible

- Nécessité de diversifier et multiplier les revenus pour contenir les risques
 - Des services régulés (RINGO pour RTE, flexibilité pour ENEDIS, ...)
 - Des services dérégulés (arbitrage, autoconsommation, ...)

► Le stockage doit rester un objet d'innovations techniques

- STEP, batteries (ZnR, ...), ...
- L'électronique de puissance
- Le pilotage de l'offre
- Des questions nombreuses sur les matières premières du stockage
le recyclage, la seconde vie des batteries...

Le club stockage envisage une étude sur l'ACV



EN CONCLUSIONS

- ◆ Le stockage est désormais un incontournable des débats énergétiques
- ◆ En France
 - La PPE lui donnera sa place :
 - 1 à 2 GW de STEP
 - Le plan H2 publié par N. Hulot mi juin (100 000 tonnes de production H2)
 - Des AàP dans les ZNI (Zones non interconnectées) pour au moins 50 MW électriques de capacité/île
- ◆ Pour le stockage thermique et le P2H, les potentiels identifiés pour des cas pertinents justifient qu'on cherche à les exploiter compte tenu des externalités énergétiques et environnementales que ces stockages génèrent : priorité PAC, réseaux de chaleur, chaleur fatale & cogénération
- ◆ La CRE identifie et lève les barrières réglementaires (lancement d'un Groupe de réflexion sur le stockage)
- ◆ L'Europe le promeut :
 - Dans des projets H2020
 - Dans l'alliance européenne de la batterie

Le GT « réglementation » du club Stockage d'énergies apportera ses contributions





Figure 5. Résumé des mix énergétiques, en production et consommation pour les 4 scénarios du bilan prévisionnel considérés dans l'étude. Source : Bilan Prévisionnel 2017 de RTE [4]