

La place des STEP dans réseau et le marché de demain

Assemblée Générale France Hydroélectricité

Myrto Tripathi – Les Voix du Nucléaire



Sommaire

- 1 Le retour en force de l'hydroélectricité
- 2 La place des STEP dans le scénario TerraWater
- 3 Les STEP outil du réseau incontournable
- 4 La compétitivité des STEP en stockage massif

1

Le retour en force de l'hydroélectricité

Un contexte qui rend cette énergie incontournable

L'hydroélectricité répond parfaitement aux enjeux posés par les crises climatiques et énergétiques

- **Chaque énergie est nécessaire pour ses performances spécifiques** dont hydro par ses hautes performances et ses preuves historiques (STEP, grande hydro, petite hydro) dans cadre des objectifs EU (climat, souveraineté)
- La crise de 2021 a démontré la **résilience des technologies éprouvées**. Faire la part des réalités physiques et du wishfull thinking européen (*déploiement massif EnR, flex de la demande, interco...*). **L'hydro est une « option sans regret »**
- Market design : **le marché traduit imparfaitement la réalité des flux** (ex garanties d'origine) ; besoin de régulé, le système électrique est un service public
- Le stockage hydraulique et l'hydroélectricité en général contribue à garantir **la stabilité du réseau** tandis que celle-ci est de plus en plus mise à mal (intermittence, perte des moyens pilotables etc.)

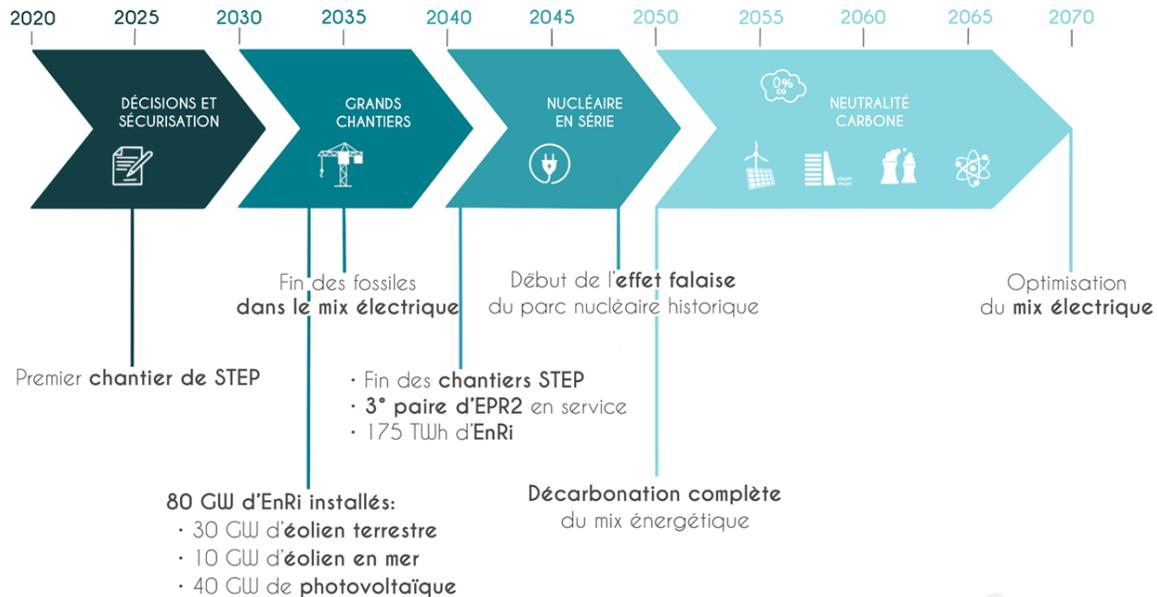
2

Le Scénario TerraWater

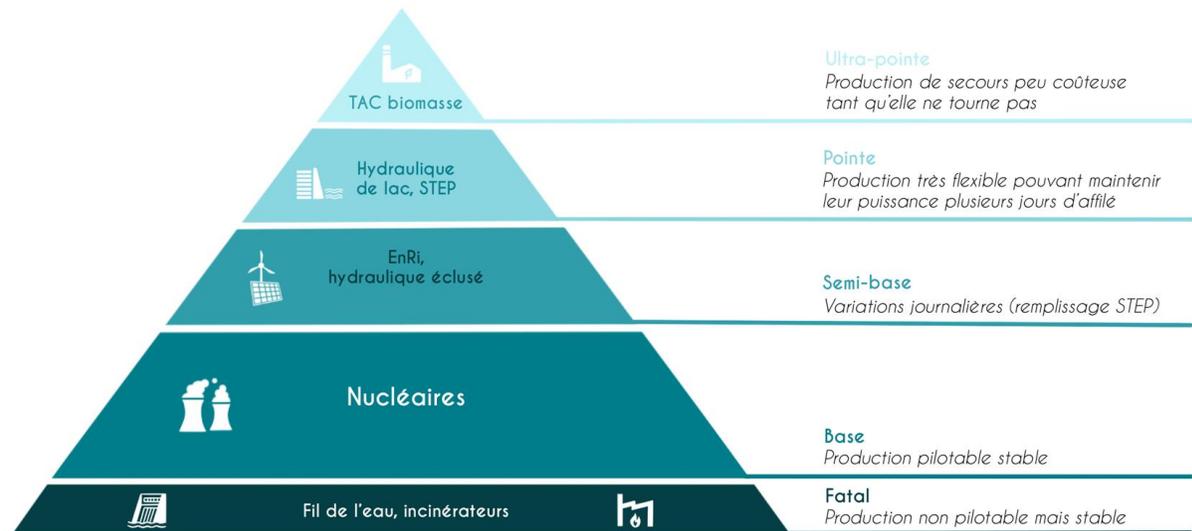
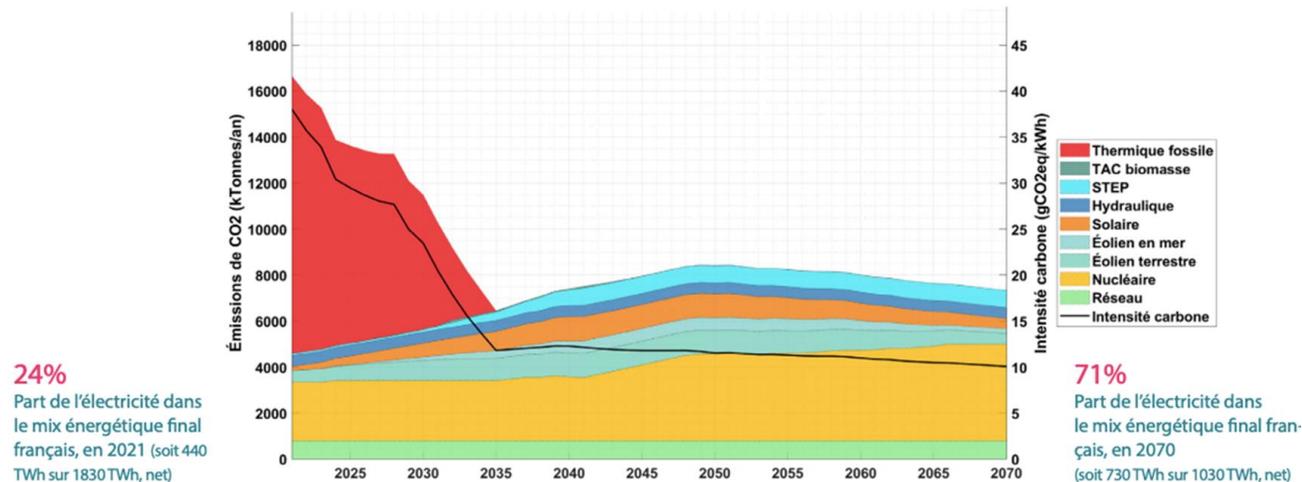
La remise au premier plan d'un grand programme hydraulique

Un scénario sans paris, robuste

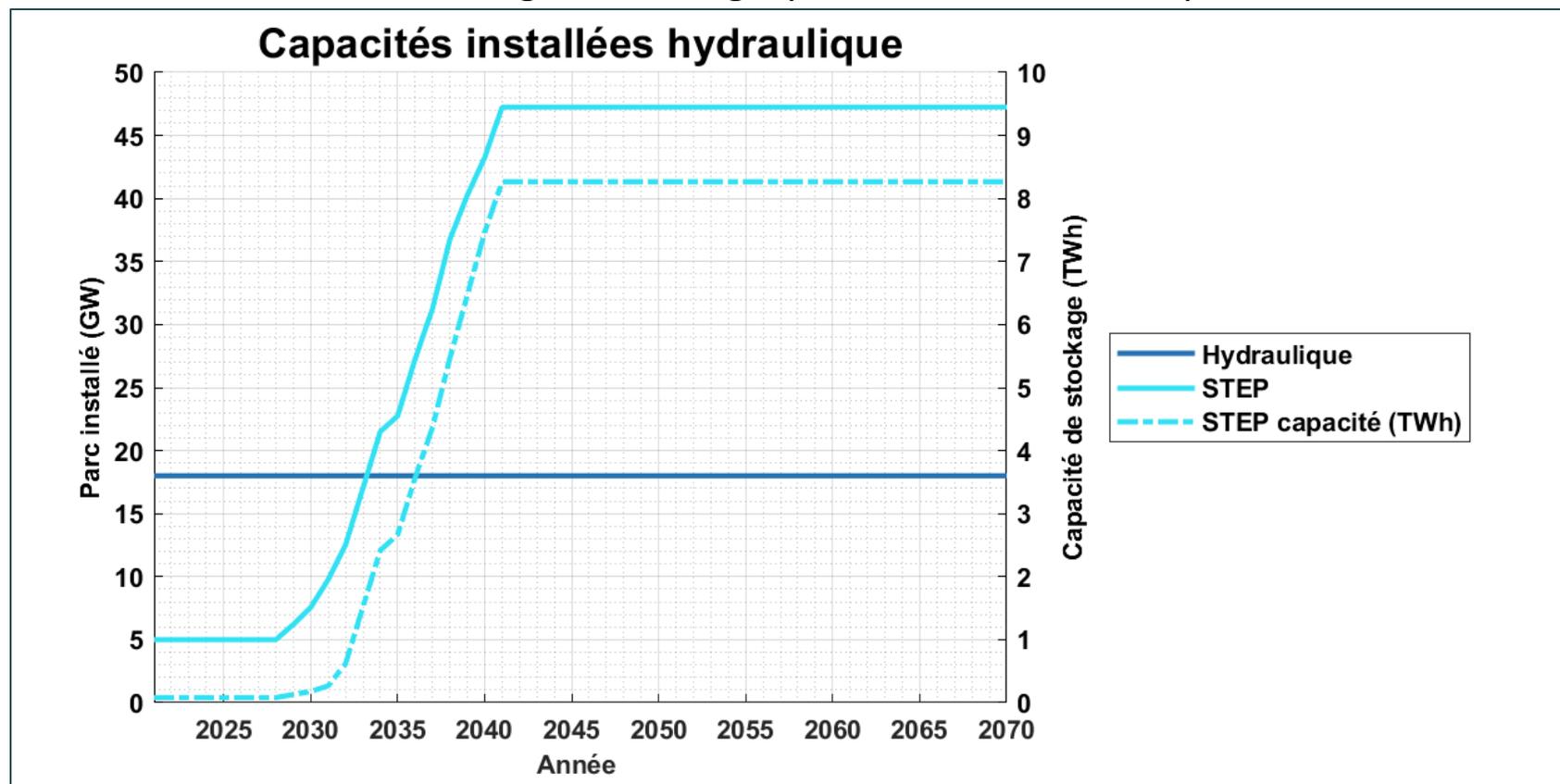
Qui utilise toutes les technologies à ce qu'elles savent faire le mieux avec une forte électrification des usages



Évolution de l'empreinte carbone de l'électricité le long de la trajectoire d'électrification et de décarbonation du système énergétique français



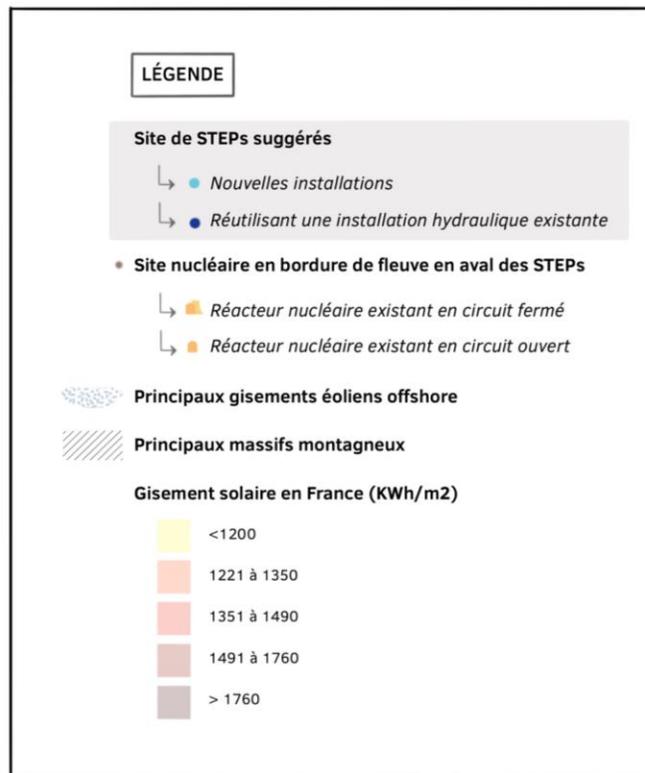
Les STEP comme seul moyen fiable, éprouvé et économique de stockage de l'énergie pour le réseau électrique



- L'accent est mis sur la capacité des lacs de retenues plutôt que sur la puissance des turbines.
- Le besoin de puissance installée est susceptible d'être réévalué à la baisse.

Un grand programme hydraulique

Les STEP sont placées le plus proche possible des gisements solaires et éoliens, dans les limites topographiques qu'elles requièrent. Elles peuvent aussi bénéficier à la gestion du refroidissement de certains réacteurs nucléaires situés en aval du cours d'eau.



Chaque site a été identifié et caractérisé (MISE A JOUR EN COURS)

et nous l'avons caractérisé au cas par cas

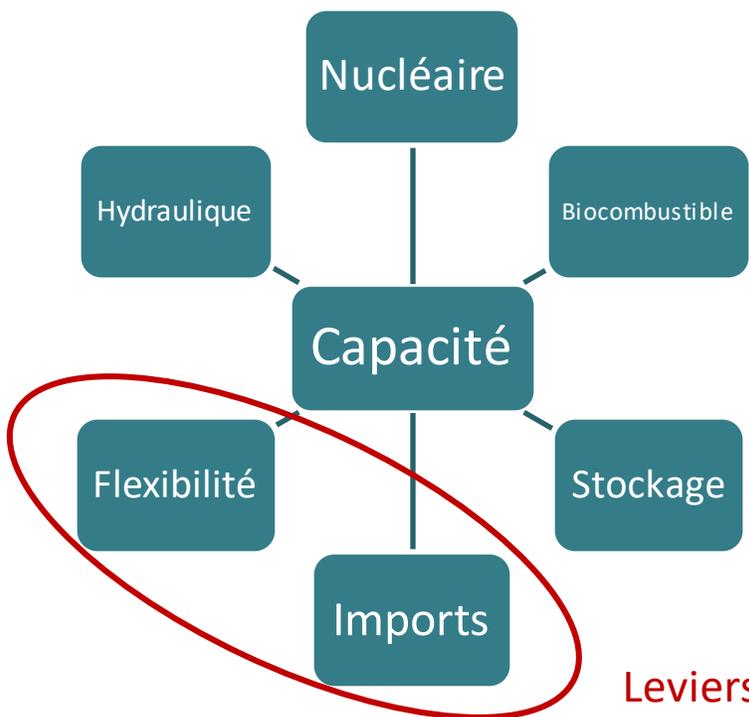


3

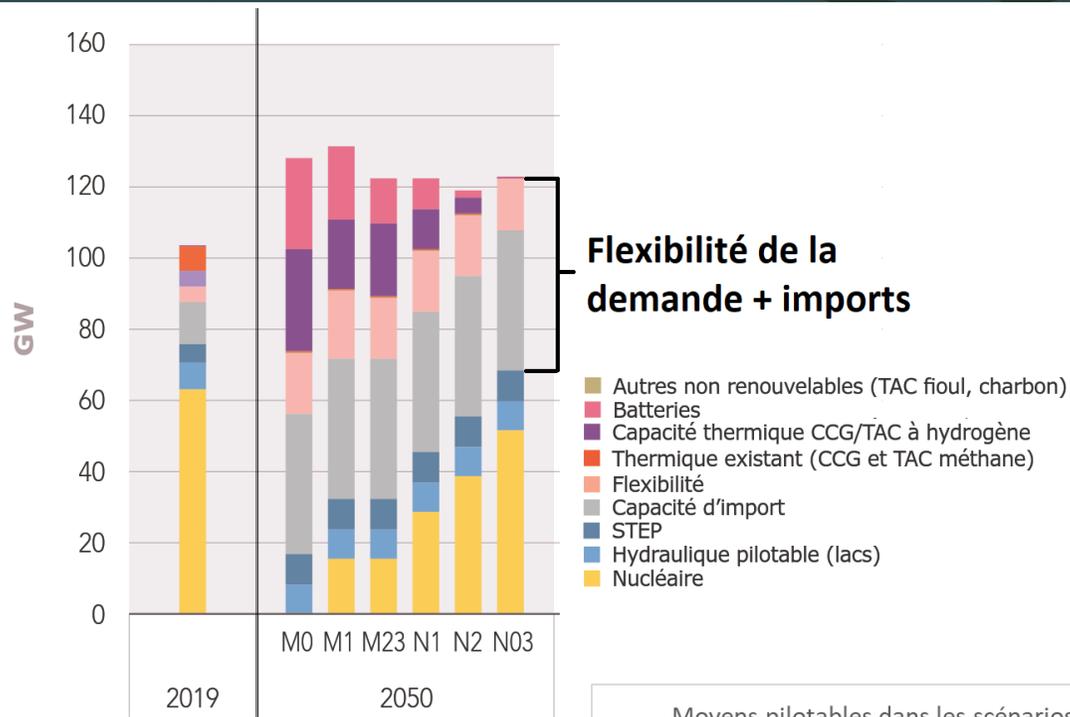
Les STEP, pièce maitresse du scénario

Un choix technologique sans pari et sans regret

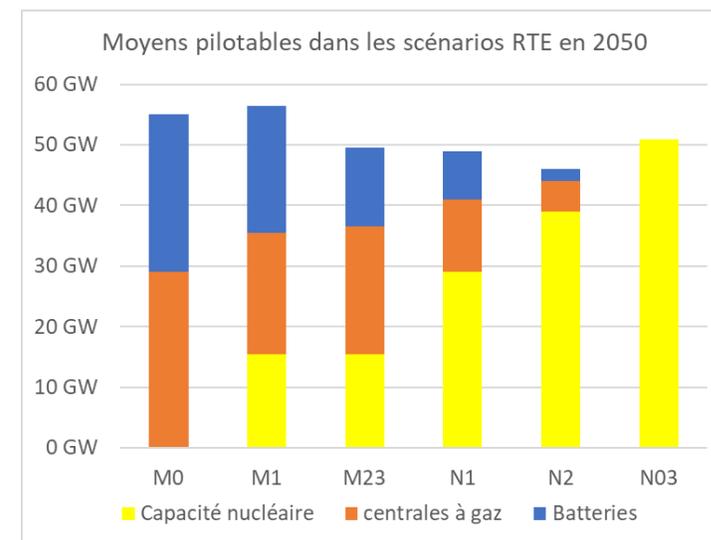
De ce fait, le scénario TerraWater minimise le recours aux imports et aux moyens de flexibilités



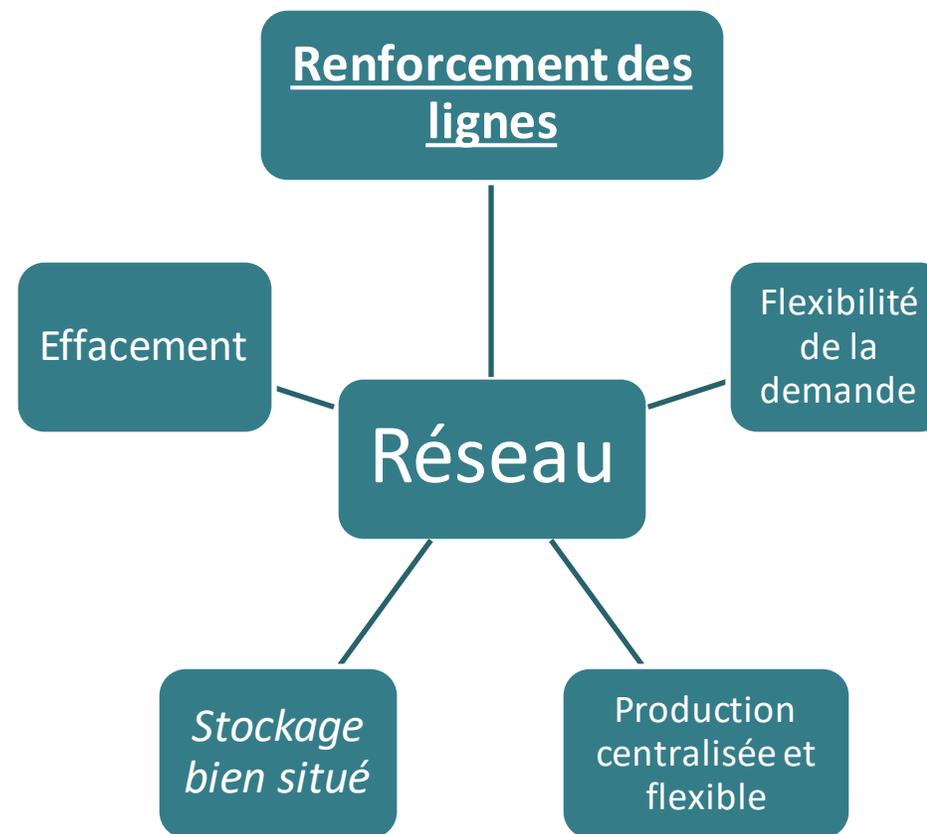
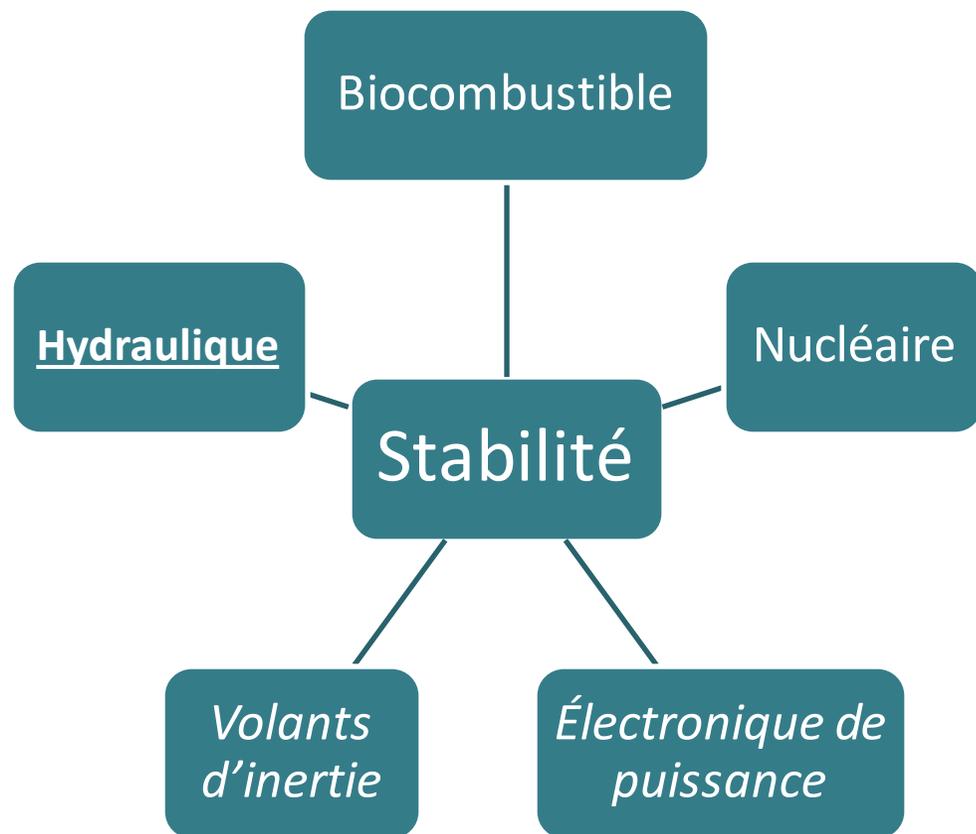
Leviers non utilisés dans le scénario TerraWater



Capacités flexibles installées en France dans les scénarios RTE



Les autres enjeux clés trop souvent oubliés...



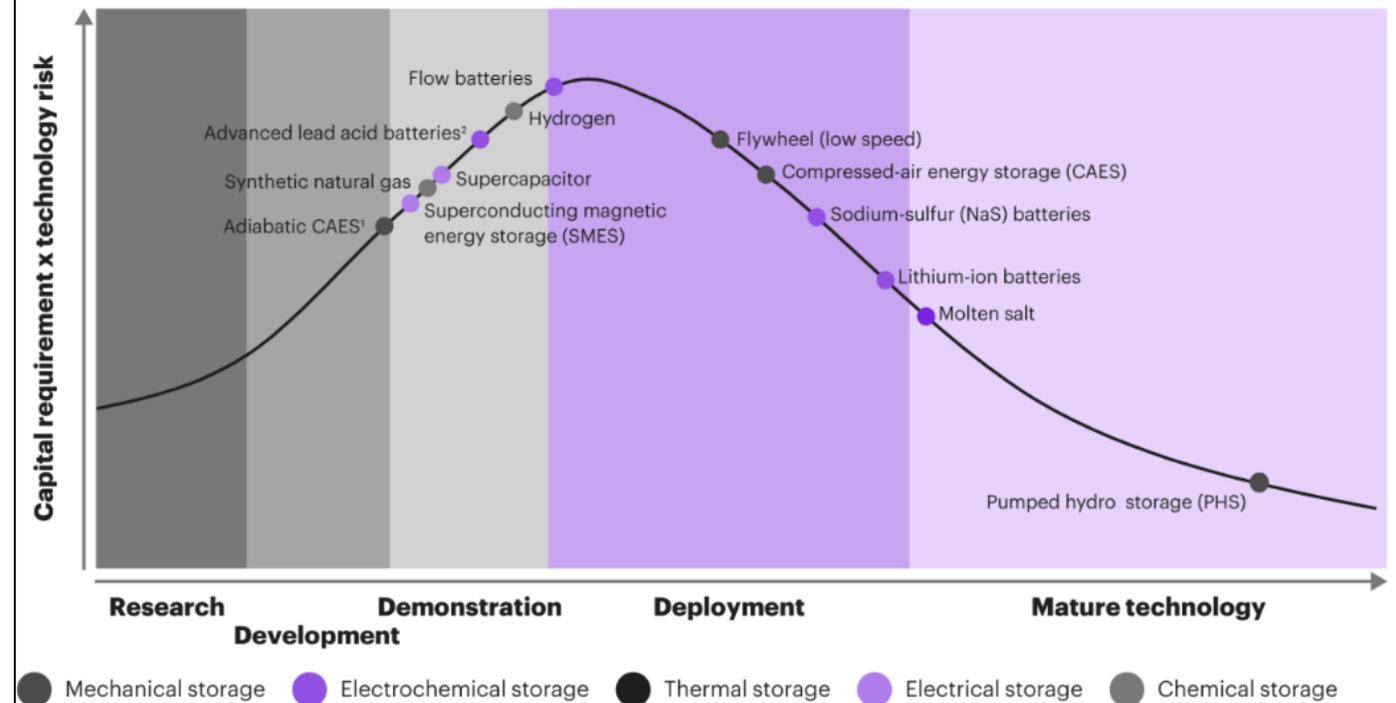
Aucun pari technologique, des paris industriels limités

- Aucune technologie qui n'ait pas aujourd'hui atteint un TRL9
 - STEP
 - Réacteurs à eau pressurisée
 - Éolien terrestre/offshore
 - Solaire PV sol/toiture/flottant
 - Turbines à combustion à combustibles liquides

Figure 3

Electricity-storage technologies are at very different levels of maturity, but many face significant risk and extensive capital requirements

Technology maturity curve



¹ CAES is compressed-air energy storage.

² Valve regulated lead acid batteries is a mature technology.

Source: A.T. Kearney Energy Transition Institute analysis

4

La compétitivité des STEP comme moyen de stockage

Les STEP à grande capacité ont leur place dans le marché de demain

Quels types de besoins en stockage ?

Type de stockage	Puissance	Energie
inter-annuel	2 GW	20 000 GWh
inter-saisonnier	10 GW	30 000 GWh
inter-hebdomadaire	15 GW	10 000 GWh
intra-hebdomadaire	8 GW	500 GWh
intra-journalier	8 GW	50 GWh

Aujourd'hui: 4,2 GW / 184 GWh

Moyenne : 44 h

TerraWater : 42 GW / 8340 GWh

Moyenne : 200 h

Moss Landing battery

0,4 GW / 1,6 GWh



Une question d'ordre de grandeur

Snowy 2.0

2 GW / 350 GWh

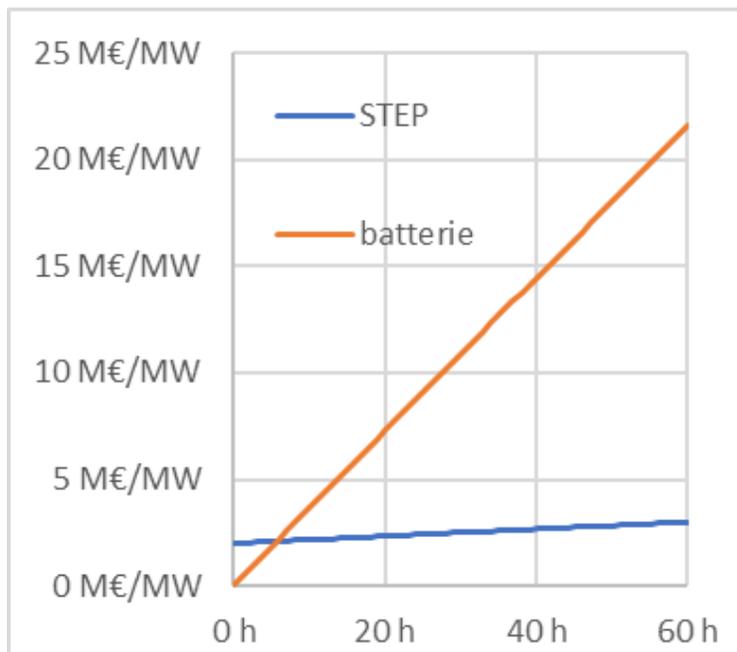


STEP

- **Puissance (usine et chemin d'eau) :**

Coût dépend de la distance entre les réservoirs, du caractère souterrain ou non, de la géologie... et des équipements

Coût : typiquement de l'ordre de 2000 €/kW (très variable)



Batteries

- **Puissance (onduleur, poste électrique) :**

Coût : de l'ordre de 55 €/kW (très variable)

- **Energie (batteries, modules, refroidissement, protection incendie...) :**

Coût : de l'ordre de environ 360 €/kWh

Coût de l'onduleur marginal pour des durées de quelques heures (Cste de temps de 4h → 3,4 % des coûts)

Batteries : coût fonction de l'énergie stockable

STEP : coût surtout fonction de la puissance (très variable pour l'énergie)

Combien vaut le stockage ?

Batteries :

Coût dépend du MWh → maximiser nombre de cycles charge / décharge.

→ Rentabilité possible seulement pour des cycles intrajournaliers

STEP :

Tant que le coût du MWh (=réservoirs) reste faible → rentabilité possible avec des constantes de temps élevées.

Arbitrage : stockage / surcapacités flexibles (+ flexibilité demande & imports/exports)

Alternative au stockage : surdimensionner les moyens flexibles pour faire face au besoin intermittents.

Plus il y a de surcapacités, plus le facteur de charge de la dernière unité sera faible.

- Nucléaire = coût fixes → facteur de charge élevé uniquement
- Gaz (*) = coûts variables → facteur de charge faible idéalement
- STEP : mal adapté pour les facteurs de charges trop élevés ou trop faibles → comble un trou

(*) Gaz = nature / biogaz / de synthèse

Durée	Flexibilité	Batterie	STEP	Nucléaire
interannuel	limité	Non	Non sauf exception	Avec baisse de facteur de charge
inter-saisonnier	limité	Non	Non sauf exception	Oui
inter-hebdomadaire	limité	Non	Oui T=200/400h	Avec baisse de facteur de charge
intra-hebdomadaire	limité	Non	Oui T=20/40h	Avec baisse de facteur de charge
intra-journalier	Oui	Oui	Oui	Avec baisse de facteur de charge

Coût des STEP acceptable, tant qu'ils sont plus économique que les production pilotables de réserve
On peut surdimensionner par choix « de sécurité », pour faire face à tous types d'aléas (industriels, météo, etc.)