



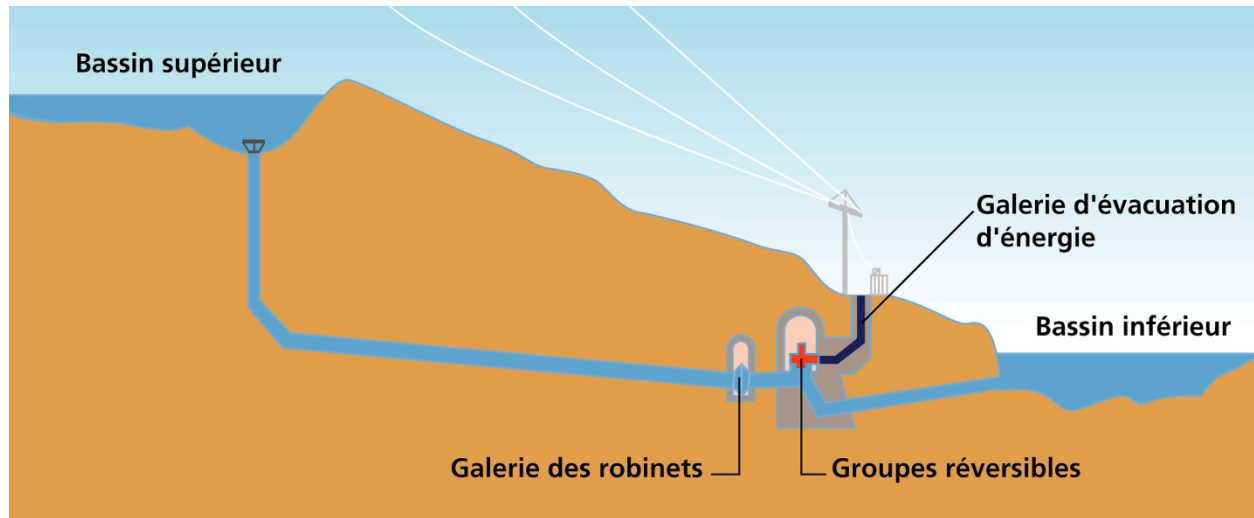
Les STEP et leur intérêt

Nathalie Lefebvre
EDF – division Production
Ingénierie Hydraulique

Fondation TUCS – 9 février 2015

Principe général de fonctionnement d'une STEP

- ◆ **Deux réservoirs hydrauliques** permettant des « transferts » de l'un vers l'autre
- ◆ Une usine équipée de **groupes réversibles (turbine/pompe)** qui permet de :
 - ❑ Stocker de l'électricité en pompant l'eau du bassin inférieur vers le bassin supérieur, lorsque l'énergie est abondante (heures creuses)
 - ❑ Restituer l'électricité, lorsque celle-ci est plus rare (heures pleines), en turbinant l'eau du bassin supérieur

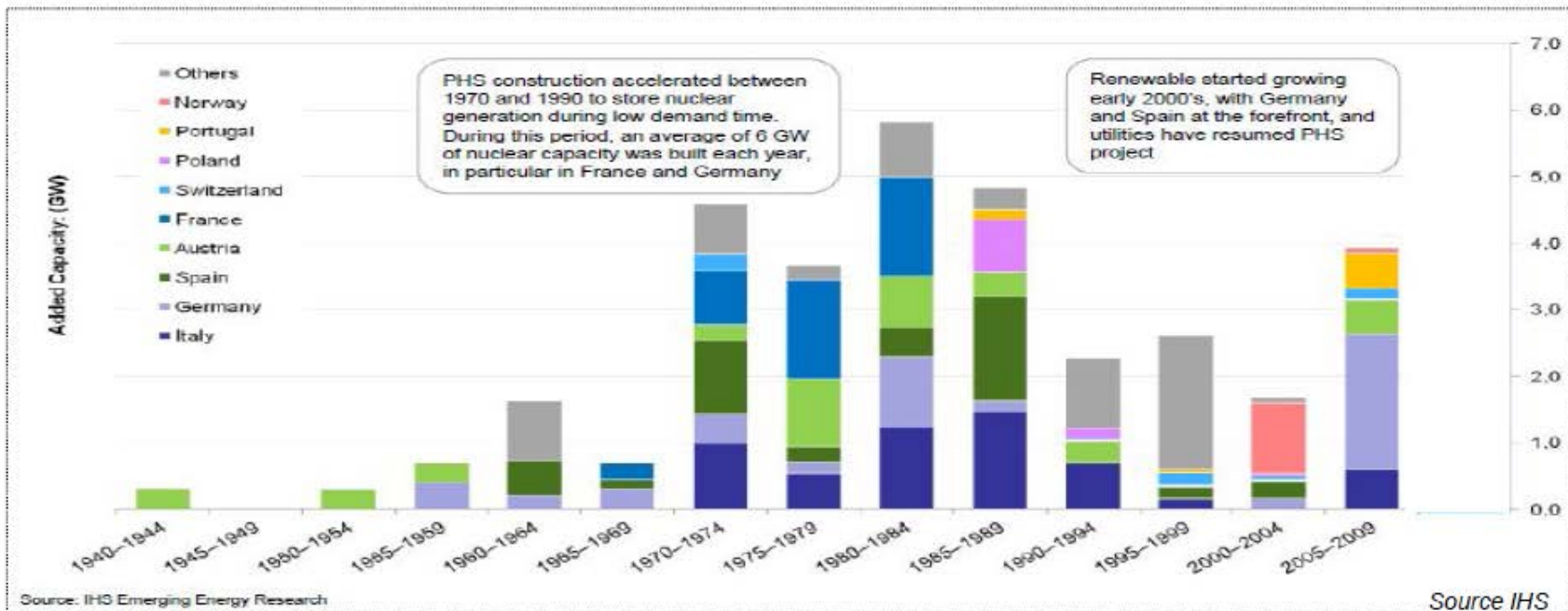


- ❑ L'usine consomme plus d'énergie (en pompant) qu'elle n'en produit (en turbinant). Le rendement global du cycle (pompage/turbinage) est proche de **75%** pour les installations existantes
- ❑ La durée de fonctionnement en turbine est de l'ordre de 1000 à 2000 heures par an en équivalent pleine puissance (une année en faisant 8760)

Le développement des STEP en Europe

Un parc installé de 50 GW environ

Une technologie mature



Six principales STEP en France (mises en service entre 1976 et 1987)



Près de 5 GW, pour environ 5 TWh produits par an en moyenne

	Montézic MSI 1982	Revin MSI 1976	G.Maison MSI 1985	S.Bissorte MSI 1987	La Coche MSI 1977	Le Cheylas MSI 1979	Total
Puissance en turbine	910 MW	720 MW	1790 MW	730 MW	330 MW	460 MW	4940 MW
Puissance en pompage	870 MW	720 MW	1160 MW	630 MW	310 MW	480 MW	4170 MW
Nb de pompes	4	4	8	4	2	2	
Constante de temps	40 h	5 h	30 h	5 h	3h	6 h	
Productible gravitaire	STEP pure	STEP pure	216 GWh	250 GWh	426 GWh	670 GWh	

Différentes catégories de STEP selon :

□ la capacité de stockage :

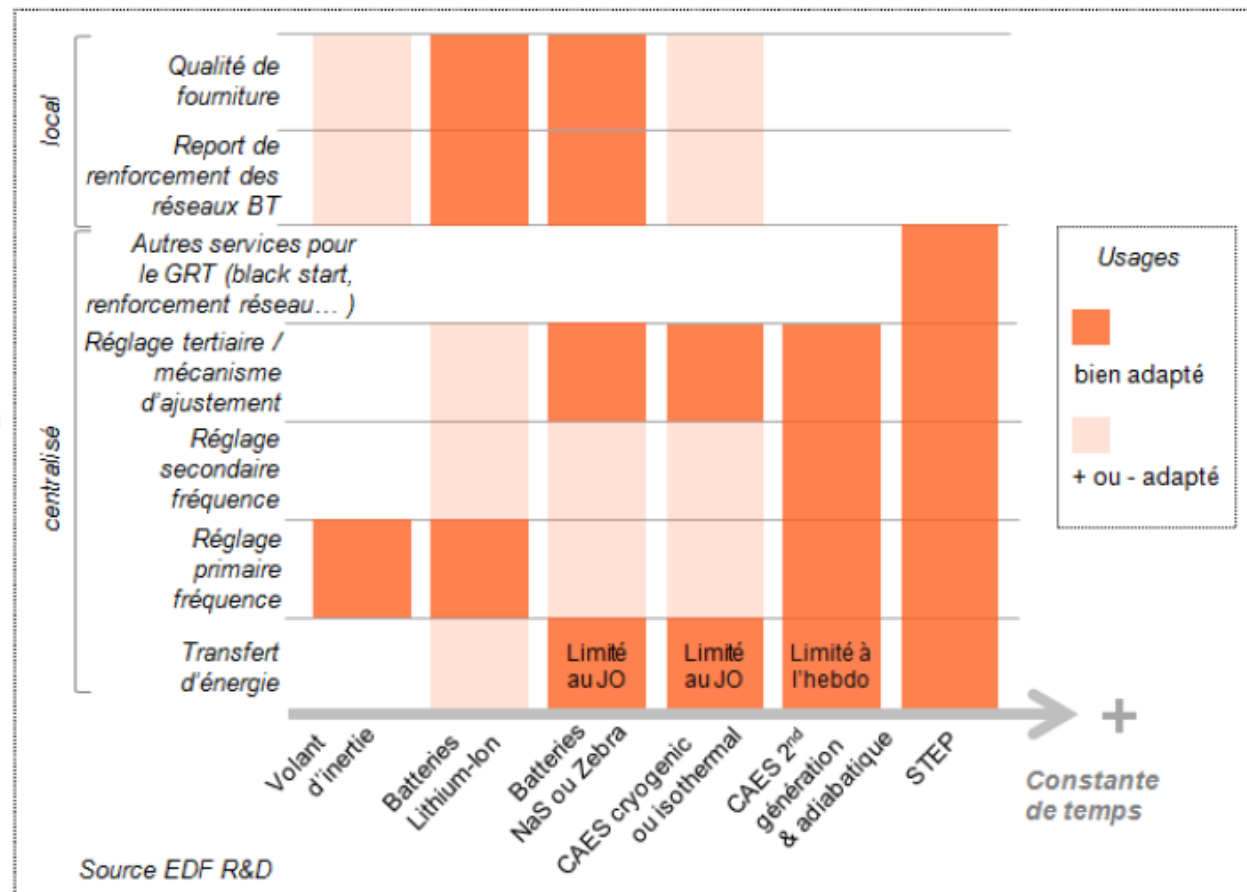
- **STEP « journalières »** : ouvrage avec une capacité de stockage de quelques heures
- **STEP « hebdomadaires »** : ouvrage avec une capacité stockage plus importante permettant une production de 20 à 40 heures sans recourir au pompage

□ les apports dans les réservoirs :

- **STEP « pures »** : ouvrage sans apport, fonctionnant en circuit fermé
- **STEP « mixtes »** : ouvrage inséré dans une vallée et recevant des apports

L'intérêt des STEP pour le système électrique

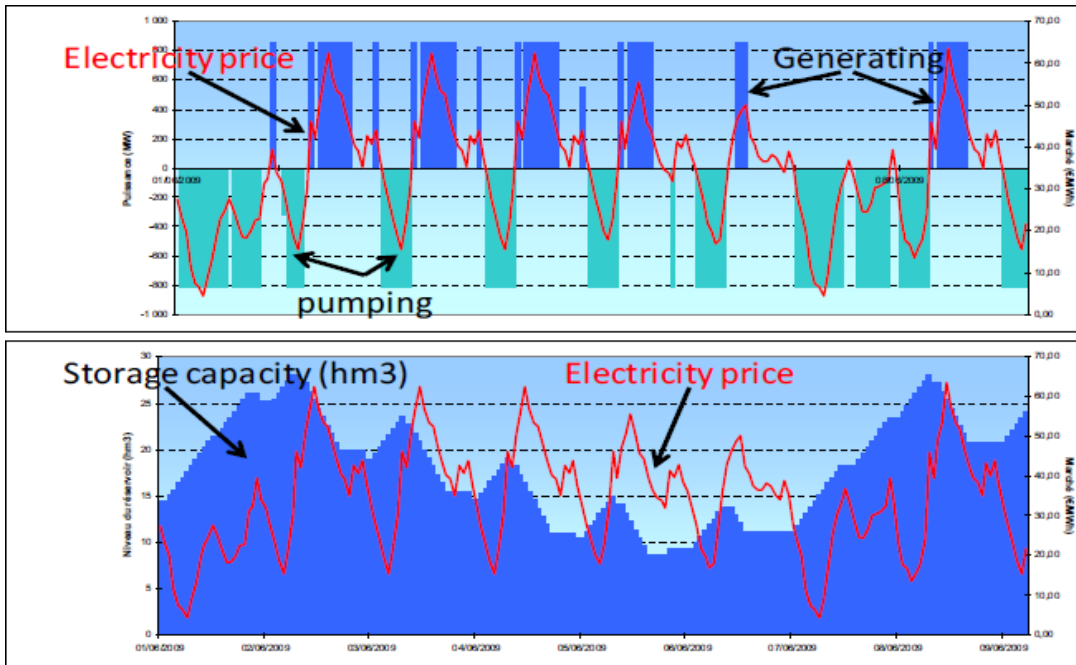
Principales applications des technologies de stockage
(effectives ou potentielles selon la maturité technologique)



Une valorisation des transferts d'énergie en baisse

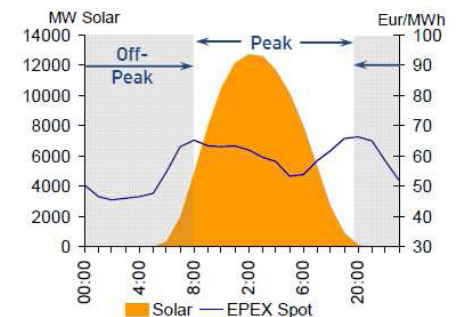
Historiquement, la principale source de valeur

Exemple du fonctionnement de Montézic sur une semaine de juin 2009

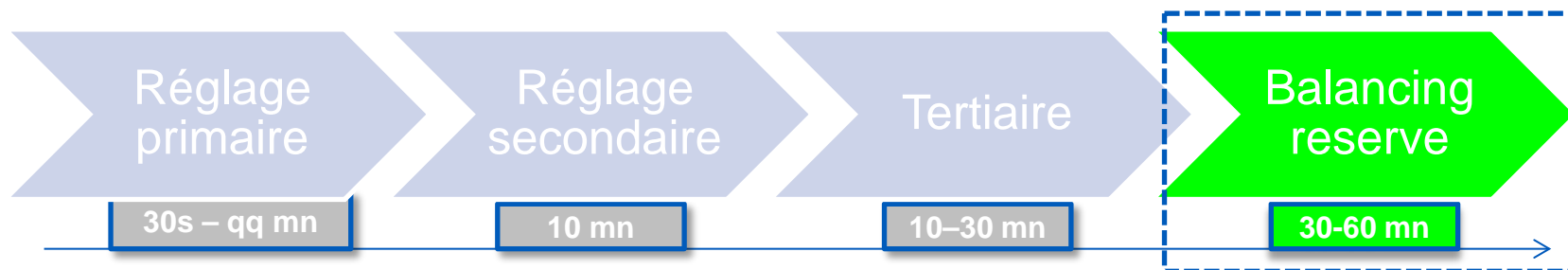


Aujourd'hui, écrasement du spread

- Pour partie en raison du design des mécanismes de soutien aux EnR en place
- Ne permet plus de couvrir les coûts

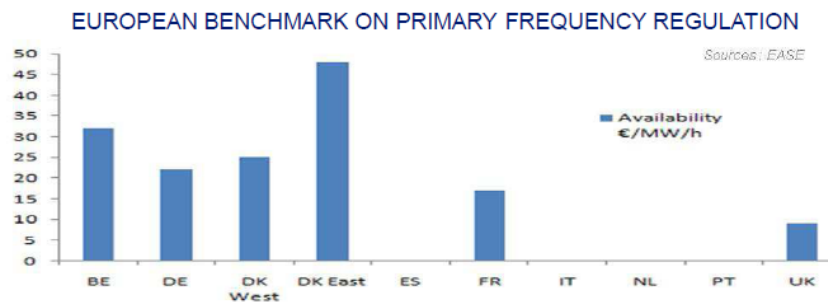


Une rémunération de la flexibilité qui ne reflète pas la valeur pour le système



Performances dynamiques des STEP :

- Mode turbine : de 0 à 100 % → ~ 2 min
- Mode pompe : de 0 à 100 % → ~ 5 min
- De 100% en turbine à 100% en pompe → ~ 10 min
- Mode turbine : de 50% à 100 % → ~ 15 s



Avec le développement des EnR intermittentes :

- Augmentation du besoin de flexibilité
- A moyen terme, en Europe continentale, les ressources de flexibilité sont suffisantes...
- ... à condition de mettre en place des mécanismes permettant de révéler toute la valeur de la flexibilité
- Mais au-delà ?
- Dans les « petits » systèmes, seuil d'intégration déjà atteint. Comment le dépasser ?

Black-start : un service non rémunéré

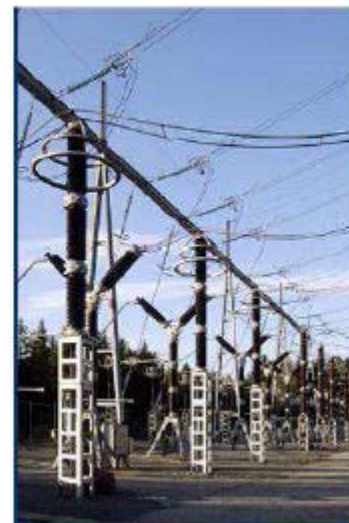
Possibilité de black-start en cas d'écroulement du réseau, permettant notamment d'alimenter des centrales nucléaires

- **Service non rémunéré**

Exemple de Revin :



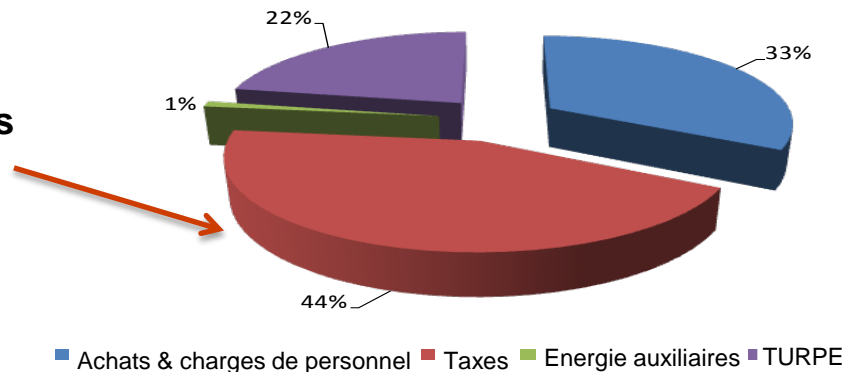
Source: EDF



Le développement des STEP : une équation économique difficile

- ◆ Des sites potentiels de développement existants en France et en Europe
- ◆ Des coûts de construction à partir de 1000 €/kW
- ◆ La fiscalité et les coût d'accès au réseau représentent une part prépondérante des charges d'exploitation des installations :

La fiscalité représente près de la moitié des charges d'exploitation des STEP

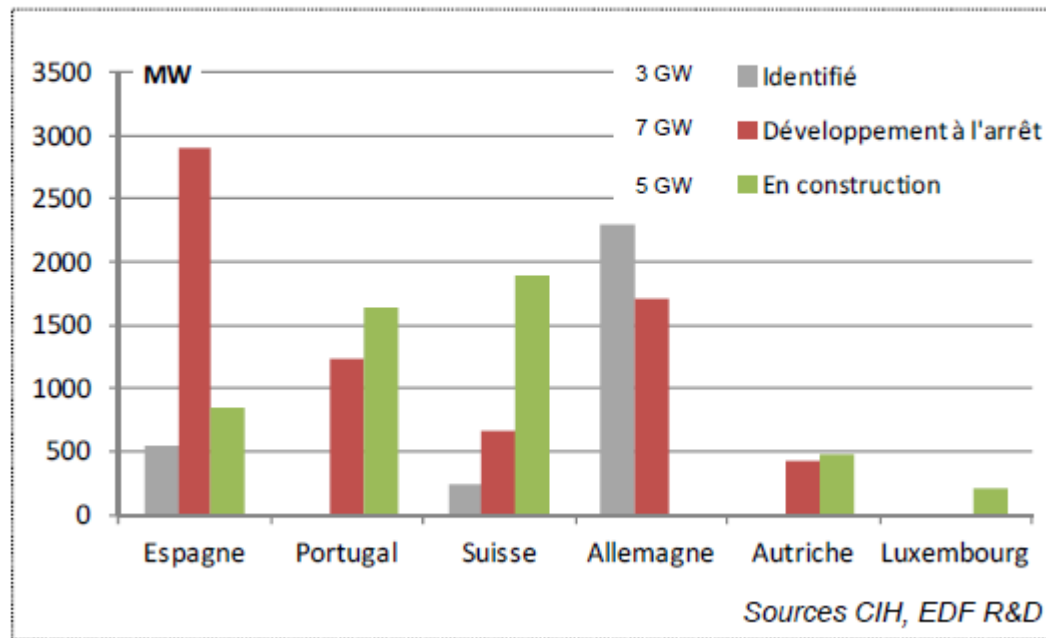


(données 2010 : Montézic, Revin, G. Maison, S. Bissorte, La Coche, Le Cheylas)

- ◆ Leur valorisation reste très incertaine, en fonction du niveau des prix de marché (prix des hydrocarbures, du CO2...) et des évolutions du market design

De nombreux projets européens en difficulté ou en stand-by

Etat des principaux projets de STEP en Europe



Conclusion

- ▶ Les STEPs : le moyen de « stockage » le moins coûteux
 - ▶ En termes de rentabilité :
 - le système électrique actuel ne permet pas de rentabiliser un nouvel investissement
 - nécessité de jouer sur l'ensemble des services offerts ...
 - ...même si les transferts d'énergie restent prépondérants
 - ▶ Nécessité de réfléchir au market design pour anticiper les besoins futurs du système :
 - Caractériser (qualitativement et quantitativement) les besoins de flexibilité
 - Harmonisation au niveau européen
- Et au-delà :
- Mécanismes de soutien aux EnR à revoir
 - Valeur du CO₂