



CONTEXTE EUROPÉEN : POINTS DE BLOCAGE ET PROJETS RÉALISÉS

Colloque Hydro21 Hydroélectricité et stockage de l'énergie
*Session 2 - Le stockage de l'électricité : des moteurs et des freins
variables selon les contextes institutionnels*

Emmanuel BRANCHE



4 novembre 2016

ENSE3 / Bâtiment GreEn-ER / 21, avenue des Martyrs, Grenoble

Ce document est la propriété d'EDF. Toute diffusion externe du présent document ou des informations qu'il contient est interdite



SOMMAIRE

1. LA SITUATION ACTUELLE ET LES POINTS DE BLOCAGE

HYDROÉLECTRICITÉ : SERVICES ET DÉFIS

LES DIFFÉRENTS TYPES DE STEP

HYDROÉLECTRICITÉ : SOUTIEN AU DÉVELOPPEMENT DES AUTRES RENOUEVELABLES

UN POTENTIEL IMPORTANT DE STEP EN EUROPE ...

DES CONTEXTES TRÈS DIFFÉRENTS ENTRE LES ETATS-MEMBRES

... MAIS DES FREINS EXISTENT ACTUELLEMENT

2. QUELQUES PERSPECTIVES POUR LES STEP ...

UN EXEMPLE RÉCENT EN EUROPE DE STEP EN DÉVELOPPEMENT

POSITION DE ENTSO-E SUR LE STOCKAGE

REGARDER CE QUI SE PASSE EN DEHORS DE L'UE



LA SITUATION ACTUELLE ET LES POINTS DE BLOCAGE



HYDROÉLECTRICITÉ : SERVICES ET DÉFIS

Les services principaux de l'hydroélectricité peuvent être résumés à :

- **Energétiques (énergie, puissance, services systèmes, etc.)**
- **Eau (multi-usages : navigation, irrigation, fourniture d'eau potable, atténuation des crues et des sécheresses, aquaculture, activités récréatives et de loisir, etc.)**
 - ❑ *... dans une optique durable à confirmer (i.e. trouver une balance appropriée des avantages/inconvénients en termes environnement, social et économie) ... ERC*

Les principaux défis de l'hydroélectricité sont liés à :

- **Stabilisation de la puissance globale du réseau électrique : changements rapides régime de fonctionnement,**
- **Enjeu du stockage de l'énergie,**
- **Réduction du temps de réaction,**
- **Flexibilité de la gestion de production (vitesse variable, etc.),**
- **Fonctionnement selon de nouvelles stratégies (régime non nominal, *startup, shutdown*),**
- **Réaction aux problèmes électriques : court-circuit ; déphasage,**
- **Amélioration des performances dynamiques, contrôler les aspects liés à la sécurité, augmenter la compétitivité**



LES DIFFÉRENTS TYPE DE STEP (1/2)

Capacité	STEP vitesse fixe	STEP vitesse variable	STEP Ternaire avec bypass hydro et Pelton
Mode production (turbinage)			
Puissance produite (% puissance nominale)	30% ^a -100%	20%-100%	0%-100%
Arrêt en mode turbinage (secondes)	75-90	75-85	65
De turbinage en mode pompage (secondes)	240-420	240-415	25
Régulation de fréquence	Oui	Oui	Oui
Réserve tournante	Oui	Oui	Oui
Ramping / suivi de charge	Oui	Oui	Oui
Puissance réactive/ soutien tension	Oui	Oui	Oui
Régulation de fréquence	Oui	Oui	Oui

Source: synthèse adaptée de Koritarov, 2015



LES DIFFÉRENTS TYPE DE STEP (2/2)

Capacité	STEP vitesse fixe	STEP vitesse variable	STEP Ternaire avec bypass hydro et Pelton
Mode consommation (pompage)			
Puissance consommée (% puissance nominale)	100%	60%-100% (75%-125%) ^b	0%-100%
Arrêt en mode pompage (secondes)	160-340	160-230	80
De pompage en mode turbinage (secondes)	90-190	90-190	25
Régulation de fréquence	Non	Oui	Oui
Réserve tournante	Non	Oui	Oui
Ramping / suivi de charge	Non	Oui	Oui
Puissance réactive/ soutien tension	Oui	Oui	Oui
Délestage charge	Oui	Oui	Oui

Source: synthèse adaptée de Koritarov, 2015



STEP: SERVICES ÉLECTRIQUES ET SOUTIEN AUX AUTRES ENR



- Accueillir de grandes variations de la demande résiduelle
- Compenser des variations de production inattendues
- Fournir des « taux de rampe » croissantes en temps réel

- Fournir des stockages pour différents horizons temporels
- STEP et réservoirs

- Fournir une puissance ferme grâce aux réservoirs

- | | | |
|--|---|--|
| <input type="checkbox"/> Réponse en inertie | <input type="checkbox"/> Soutien de tension | <input type="checkbox"/> Diminution des cycles thermiques et ramping |
| <input type="checkbox"/> Régulation de fréquence | <input type="checkbox"/> Puissance et capacité | <input type="checkbox"/> Gestion des congestions |
| <input type="checkbox"/> Réserves sur incident | <input type="checkbox"/> Suivi de charge/ arbitrage énergétique | <input type="checkbox"/> Capacité de black-start |
| <input type="checkbox"/> Stabilité du système électrique | <input type="checkbox"/> Intégration des EnR variables | |



DES ÉTUDES DE NOUVELLES EN EUROPE SONT MENÉES ...

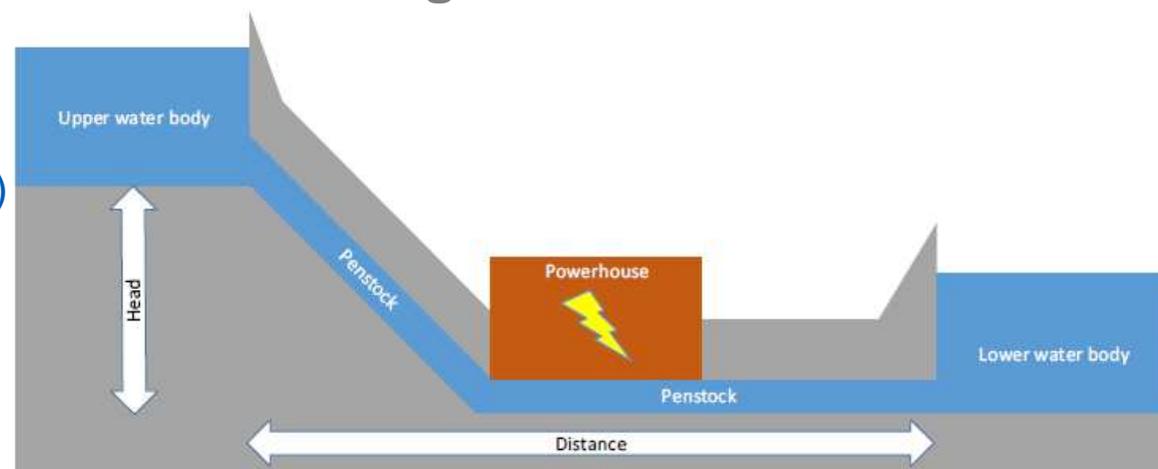
Plusieurs études ont évalué le potentiel de nouvelles STEP en Europe sur la base d'existence des réservoirs (amont et aval)

- JRC
- eStorage

Les critères de sélection sont utilisés pour sélectionner des paires de masses d'eau avec un modèle de SIG qui sont potentiellement admissibles à être développé comme PSP. Les critères sont dans les catégories suivantes :

1. Capacité de stockage de l'énergie.
2. Distance entre les plans d'eau.
3. Hauteur de chute.
4. Pente moyenne inverse entre masses d'eau (L/H)

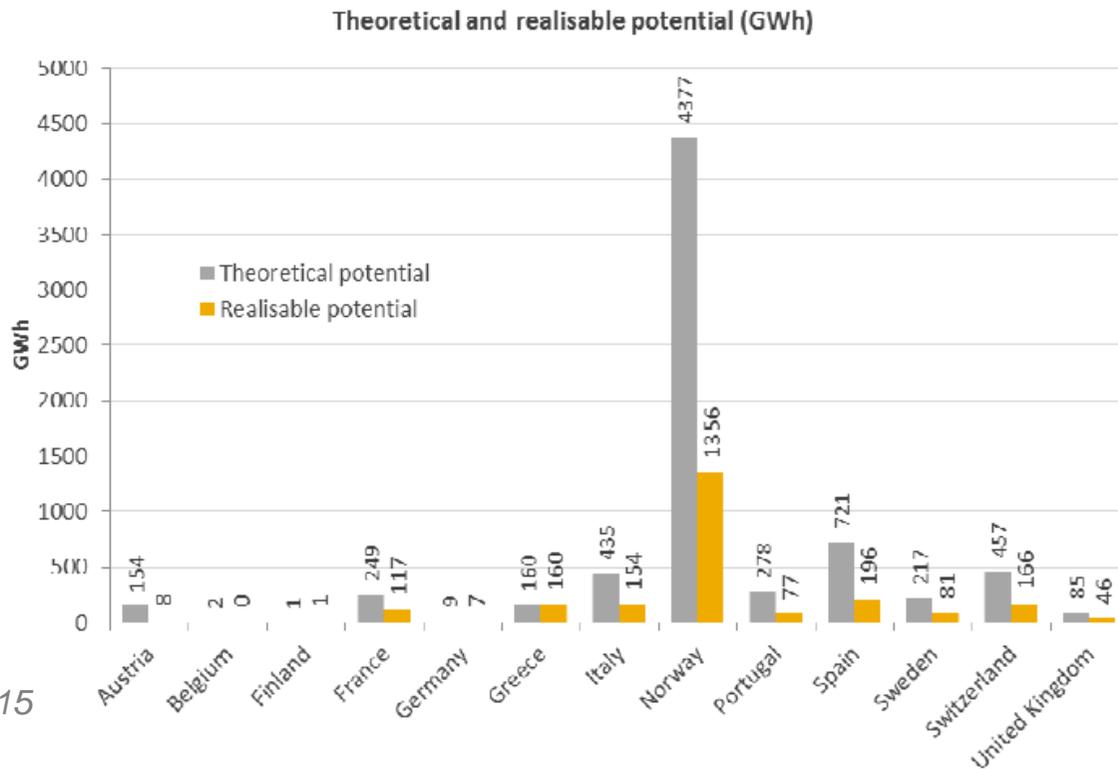
Source: eStorage, 2015



... ET UN POTENTIEL DE NOUVELLES STEP EXISTE ...

L'identification d'un énorme potentiel 2 291 GWh de sites de développement avec réservoirs existants, qui peuvent être utilisés comme nouvelles STEP au sein de l'UE-15, de la Suisse et de la Norvège

Puissance actuelle X 7



Source: eStorage, 2015



LES DIFFÉRENCES SONT IMPORTANTES ENTRE LES PAYS

Un cadre réglementaire et une rémunération de la flexibilité mal adaptés ...

		Royaume-Uni 	Irlande 	Allemagne 	Suisse 	France 	Belgique 
Cadre réglementaire	Reconnaissance explicite des STEP	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Accès au réseau et tarification	Yellow	Red	Yellow	Yellow	Red	Red
	Participation dans différents marchés	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Rémunération de la flexibilité	Services systèmes marché ajustement	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
	Tarification efficace du temps-réel	Green	Yellow	Red	Red	Yellow	Green
	Paiement / marché de la capacité	Green	Green	Red	Green	Green	Red

Source: adaptée d'eStorage, 2016



... CEPENDANT LA SITUATION N'EST PAS PROPICE

Il manque un *market-model* approprié ! Il est nécessaire d'avoir ...

→ **Le *spread* a fortement diminué, et certains services rendus ne sont pas rémunérés**

➤ **... Des recettes supplémentaires**

- Performance des STEP pour les services rendus (en termes de rapidité)*
- Perte de coût d'opportunité (si fourniture de services systèmes, pas sur marché énergétique)*
- Compensation du coût du capital*
- Flexibilité, stockage, etc.*

➤ **... et des charges diminuées**

- Fiscalité (taxes)*
- Accès au réseau*

Le système réglementaire n'est pas favorable

➤ **Etudes et processus longs ...**

➤ **... et manque de reconnaissance de la valeur pour le système**

Trouver d'autres modèles de développement (Production ? Réseau ? Hydride ?)

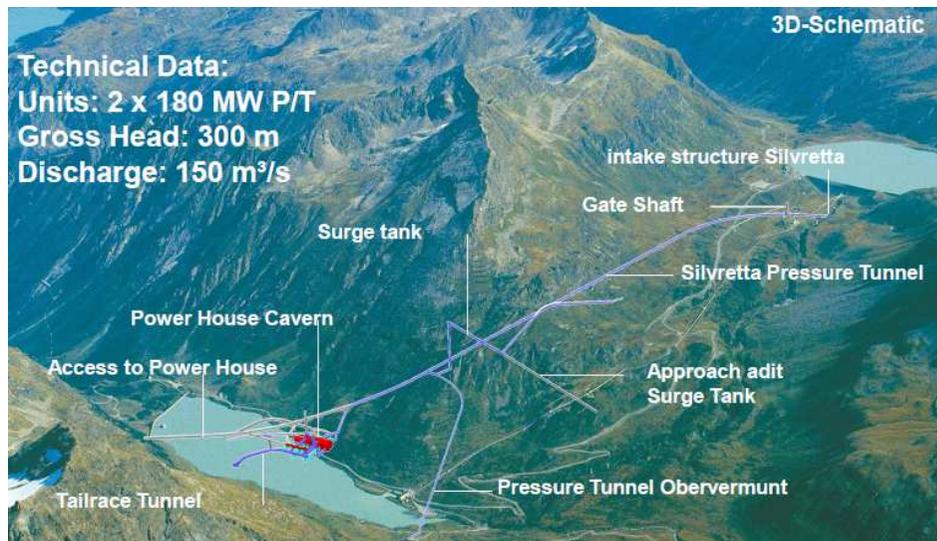


QUELQUES PERSPECTIVES POUR LES STEP ...



EXEMPLE : OBERVERMUNTWERK II

Vorarlberger Illwerke, fournisseur énergétique étatique autrichien en partenariat avec EnBW



Source: Illwerke, 2016

- **Situation : Vorarlberg, Autriche**
- **Capacité installée : 360MW**
- **Construction débute : Mai 2014**
- **Mise en service escomptée : 2018**
- **Investissement estimé : ~553 M€**

<input type="checkbox"/> Capacité maximum en turbinage	360 MW
<input type="checkbox"/> Capacité maximale en pompage	360 MW
<input type="checkbox"/> Puissance des turbines	180 MW
<input type="checkbox"/> Puissance des pompes	180 MW
<input type="checkbox"/> Débit maximum en turbinage	150 m ³ /s
<input type="checkbox"/> Débit maximum en pompage	135 m ³ /s
<input type="checkbox"/> Hauteur de chute nette	291 m



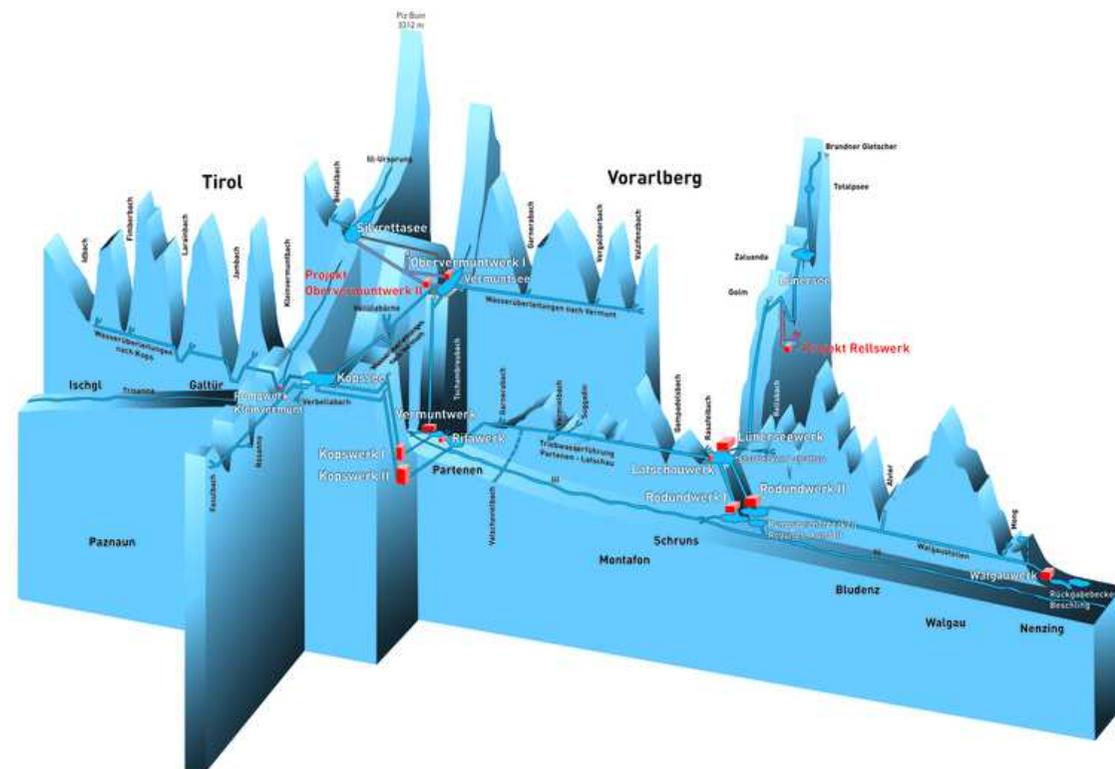
EXEMPLE : OBERVERMUNTWERK II

Dates clés du projet

- ❑ 9 Juin 2009 : Parlement d'Etat de Vorarlberg a fixé l'objectif LT d'autonomie énergétique en 2050
- ❑ 9 Mars 2011 : décision du Parlement de Vorarlberg pour l'expansion hydro en Vorarlberg
- ❑ Mars 2011 : début EIE Pre-Trial
- ❑ Octobre 2011 : début EIE Trial
- ❑ Janvier 2014 : Décret de construction
- ❑ 2014 - 2018 : construction de la structure
- ❑ 2018 : mise en service
- ❑ 2019 : redémarrage d'Obervermuntwerks I

Utilisation de 2 réservoirs existants :
Silvretta et Vermunt (ce dernier est situé 300m
en-dessous de Silvretta)

Source: Illwerke, 2016



EXEMPLE : OBERVERMUNTWERK II

Construction

- ❑ **Exécution du travail de construction principal**
Bietergemeinschaft Jäger, PORR, Hinteregger, ÖSTU
- ❑ **Fourniture des 2 pompes**
Voith Hydro GmbH & Co KG, St. Pölten
- ❑ **Fourniture, installation and mise en service de 2 turbines Francis (2500 arrêts/démarrages par an ; plage de fonctionnement 0-100% ; 428.6 tr/min ; hauteur : 240m à 310 m)**
Andritz Hydro GmbH, Vienna
- ❑ **Fourniture de 2 alternateurs avec équipement d'excitation**
ALSTOM Renewable Austria GmbH (GE), Vienna

Source: Illwerke, 2016

Partenariat

- ❑ **Vorarberger Illwerke (Autriche) et EnBW (Allemagne)**
Bietergemeinschaft Jäger, PORR, Hinteregger, ÖSTU
- ❑ **EnBW va participer dans les coûts de construction d'Obervermuntwerk II , ce qui en retour lui procurera 50% du contrôle énergétique de la STEP jusqu'en 2041**



LA POSITION D'ENTSO-E SUR LE STOCKAGE

Source: ENTSO-E, 2016

Une position forte (fin octobre 2016) pour le stockage

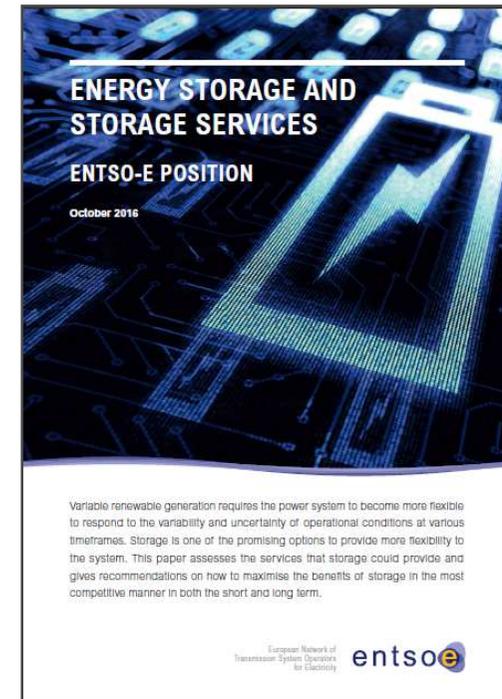
❑ **Besoin d'un cadre légal & réglementaire européen pour le stockage**

❑ **Recommandations pour l'intégration des EnR**

- Améliorer le design des marchés pour que des signaux de prix pour le stockage soient appropriés
- Le marché peut être stimulé par des contrats régulés et/ou des investissements régulés du GRT (si plus efficace que le marché),
- Si l'outil régulé est exploité par le GRT, l'investissement peut être réalisé via des enchères
- *Etc.*

❑ **Recommandations pour les services rendus par le stockage**

- Les GRTS peuvent faciliter l'intégration du marché du stockage en établissant des exigences techniques et conditions de marché claires
- Les marchés doivent valoriser la flexibilité en fonction des besoins du système
- Si les marchés concurrentiels n'existent pas, un GRT pourrait faire un investissement régulé ou s'engager sur des contrats long-terme
- *Etc.*



DES IDÉES PEUVENT ÊTRE REGARDÉES HORS DE L'UE

Développement d'une STEP en Israël : Gilboa PSPP



❑ *Eléments techniques*

- **Puissance : 300 MW**
- **Rendement global (réseau) : 76%**
- **Bassin supérieur : 2.4 Mm³** (8h turbine à Pmax) ; **Bassin inférieur : 2.4 Mm³** (10h40' pompe à Pmax)
- **Hauteur chute : 500 m**

❑ *MeS : 2018*

❑ *Investisseur privé : PSP Investment*

❑ *Montant estimé : 400 MUSD*

❑ *Équipementier : Alstom (GE) turbines/pompes + contrat de 18 ans O&M*

❑ *Spécificité : rôle clé du GRT qui a besoin de moyens de flexibilité pour équilibrer le système*

→ **Exigence forte sur les temps de réponse**

→ **Signature d'un PPA avec une rémunération :**

- Capacité et disponibilité (inclus RPF, RU, black-start)
- Bonus / pénalités caractéristiques dynamiques contractuelles
- Énergie turbinée achetée par GRT : Prime + ∞ C_{margin}



Source: MAE, 2016

Un marché de l'inertie est actuellement discuté aux USA ...



Je vous remercie de votre attention !



Emmanuel BRANCHE

Ingénieur Économiste Senior

Pôle Energies Renouvelables

Division Production et Ingénierie Hydraulique

Savoie Technolac

73373 Le Bourget du Lac Cedex

Téléphone : 04 79 60 64 26

Portable : 06 47 86 35 65

Télécopie : 04 79 60 35 65

E-mail : emmanuel.branche@edf.fr

www.edf.fr



Colloque Hydro21 « hydroélectricité et stockage d'énergie » - 3 novembre 2016 – Grenoble – Emmanuel BRANCHE

Ce document est la propriété d'EDF. Toute diffusion externe du présent document ou des informations qu'il contient est interdite