



# L'hydro au cœur de la flexibilité

## Modèles économiques

INTERVENANT

M. Ghislain WEISROCK

Référent Europe et réseaux

France Hydro Electricité



TEL  
06  
81  
27  
83  
44

Avec le soutien de

Alexis Assurances

envinergy  
CONSEIL & TRANSACTION

STPH

EIFFAGE

ENERGIE  
D'ICI

PUISSANCE  
HYDRO

# Le Green Deal

- **Green Deal 2050 :**
  - Clean Energy Package adopté début 2019
    - 55% d'EnR-E en 2030 : hydroélectricité constante + fort développement (éolien + Photovoltaïque)
  - Encore plus loin !
    - décarbonation du mix, électrification des usages, sortie des centrales thermiques, prépondérance EnR à 80%
    - besoin croissant de flexibilité / EnR variables
- **Flexibilité: plusieurs dimensions**
  - Équilibre production – consommation : tenue de la fréquence à 50Hz
  - Réseaux de distribution : gestion de la tension, congestions / renforcements
- **Plusieurs sources de flexibilité**
  - Batteries, véhicules électriques, H2, pilotage conso (ex : eau chaude), effacements, lignes 400 kV...
  - Coût? Performances? Accessibilité? Acceptabilité?

**et l'hydro !**

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances  
**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magazine de l'hydroélectricité

# L'hydro depuis longtemps essentielle pour l'équilibre du système

- **Services ignorés car historiques :**
  - Quid si absence de centrales de lac?
  - Prise en compte des centrales d'éclusées?
- **Sollicitation des STEP**
- **Modulation du fil de l'eau**
- **Potentiel flexibilité petite hydro : études allemandes**
  - 1 Mds€ de développement réseau pour remplacer la petite hydro
    - Grid Contribution of Small Hydroelectric Plants to Secure and Economical Electricity Supply in Germany juil 2018
  - Modulation petite hydro Bavière (2900 MW) = 1000 MW = 750 MWh = des milliers de batteries
    - Flexibilisierung der Laufwasserkraftwerke in Bayern mai 2013
- **Autres services : réglage de tension, renvoi de tension, inertie...**
- **Technologies avancées :**
  - Profil de roues, vitesse variable, groupes STEP ternaires, court-circuit hydraulique
  - démarrage très rapide, amplitude de modulation
  - compensateur synchrone, etc.

**L'hydro?  
on n'en parle jamais !**

Avec le soutien de

**Alexis Assurances**  
**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magazine de l'hydroélectricité

# Un exemple : les STEP

- STEP autrichienne de KOPS II sur réseau allemand où part d'EnR déjà significative : 20 changements d'état par jour (turbine – pompe – arrêt)
- STEP technologie de stockage la plus compétitive / tous projets EU abandonnés, non rentables

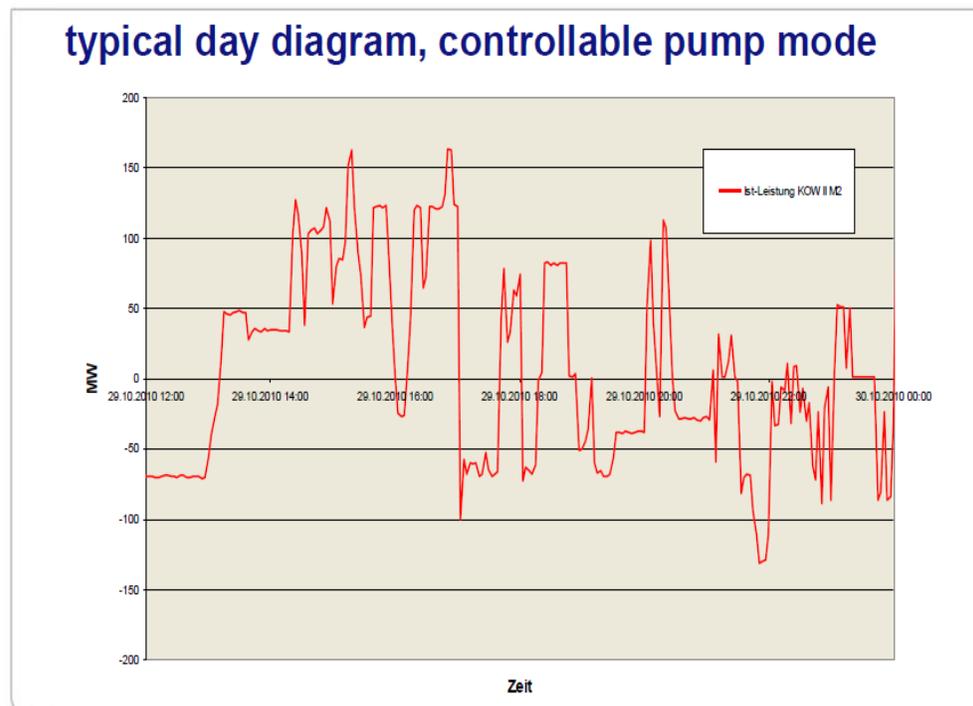
**La flexibilité, le nœud du futur**

**Besoin énorme / Non rentable**

## New Basic for Design: Secondary Control Signal for one Unit

illwerke vkw

### typical day diagram, controllable pump mode



ACI Hydropower Development,  
Porto 2014, PM

illwerke vkw

Seite 8

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances  
**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magasin de l'hydroélectricité

# La petite hydro et la flexibilité ?

- **Remise en cause petite hydro**

- Utilité dans mix? Arasement de barrages, limitations d'exploitation...

- **Une richesse ignorée**

- Source importante EnR + répartie + potentiel de flexibilité
- Petite hydro + grande hydro

- **Contraintes environnementales hydro/ incertitude sur moyens alternatifs**

- Cote de retenue, variations de débit, débit réservé...

versus

- Acceptabilité éolien, interco ? coût batteries ? accessibilité flexibilité de demande ? signal prix à flexibilité VE ? réponse à effacement ? Etc.

**Quel outil pour valoriser  
la petite hydro ?**

Avec le soutien de

Alexis Assurances

envinergy  
CONSEIL & TRANSACTION

STPH  
EIFFAGE

ENERGIE  
D'ICI

PUISSANCE  
HYDRO  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Pourquoi une étude à horizon 2050 ?

- **Le nez dans le guidon du présent**

- Développement avec barrières administratives
  - Appel d'offres / autorisations
- Restrictions d'exploitation
- Coûts environnementaux disproportionnés
  - Continuité écologique
- Tous les débats portent sur éolien, PV, batteries, un peu les concessions hydro

- **Quelles retombées opérationnelles?**

- Temps longs : modèle économique à inventer / investissements lourds / cycle de vie hydro long
- Rien à court terme sauf choix d'investissement
- Mais l'hydro dans le débat

**Un cap pour  
notre action**

Avec le soutien de

Alexis Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Etude Compass Lexecon pour France Hydro Electricité

- les besoins de flexibilité actuels et la contribution de l'hydraulique
- l'évolution des besoins de flexibilité LT
  - Modélisation du système électrique selon deux scénarios
  - Les enjeux de flexibilité sur les réseaux de transport et de distribution
- les évolutions envisageables du modèle de marché : les bons signaux pour le maintien ou le développement de moyens flexibles

**Le modèle économique du futur ?**

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magazine de l'hydroélectricité

# Le cadre de l'étude

- Une étude de haut niveau universitaire

- Les associés

- Fabien Roques (Compass Lexecon)
  - Économiste de l'énergie réputé à Paris, université Paris Dauphine, association des économistes de l'énergie, Bruxelles, international...
- Les grands hydrauliciens : EDF-Hydro, CNR, SHEM
- ADEME



- La suite

- Hydro Power Europe : projet européen recensement des axes de recherche en hydro, réseau d'acteurs hydro (dont FHE)
- EREF, Eurelectric, projet EU Hydroflex...

**France Hydro Electricité  
remet l'hydro à l'honneur**

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# La flexibilité de l'hydro mieux caractérisée

- **Poser les bonnes questions : STEP, lacs, éclusées, fil, petite hydro**
  - pourquoi démarrage très rapide, tenue aux changements de mode fréquents, plage étendue de fonctionnement, disponibilité sur la durée, résilience aux sollicitations ?
  - motivation des investissements dans la flexibilité ?
  - potentiel de flexibilité de la petite hydro ?
  - quid du système électrique sans hydro ?
  - rôle de l'hydro répartie sur les réseaux ?

**Sortir de la vision convenue**

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magazine de l'hydroélectricité

# Etat des lieux actuel : équilibre offre/demande

- **Une étude selon les théories avancées des systèmes électriques**

Trois composantes de la flexibilité

- Variation de demande résiduelle = conso – EnR fatales
  - Infra journalier, journalier par **hydro majoritaire** / hebdo, saisonnier par thermique + interco
- Couverture des erreurs de prévision entre J-1 et temps réel
  - Gestion portefeuille RE et mécanisme ajustement où **hydro outil d'excellence**
- Aléas à dynamique rapide :
  - les réserves de RTE pour réglage de fréquence par **hydro de 50% à 100% du besoin**

**Comment ferait-on  
sans hydro ?**

Avec le soutien de

Alexis Assurances  
**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Etat des lieux actuel : les réseaux

- **Réponses de l'hydro**
  - Réglage tension : modulation du réactif
  - Congestion : modulation de la puissance
  - Raccordement : engagements sur réactif et modulation
  - Reconstitution du réseau : renvoi de tension
- **Domaine réglementé / rémunération des services ?**

**La révolution des réseaux  
de distribution**

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Modèle offre/demande 2050

## « Socle Nucléaire » / « Flexibilité décentralisée »

- Deux scénarios contrastés à l'horizon de la rupture selon:

(hypothèses selon données publiques EU et FR)

- 23% à 6% de nucléaire (donnée exogène au modèle) d'où 66% à 82% d'EnR (respectivement)
- Le coût des batteries et du *Power-to-Gas-to-Power* (H2)
- Les interconnexions développées
- La capacité à rendre la demande flexible
- Pas de temps horaire donc ne capture les performances à haute dynamique à échelle minute voire seconde (ex hydro)
- Pas de flexibilités « gratuites » additionnelles (ex effacement, VE).

Avec le soutien de

# Résultats 2050 : des besoins énormes

- **Les besoins de flexibilité augmentent très fortement**
  - flexibilité journalière (5 à 40 GW)
  - Hebdo (100 à 700 GWh)
- **Développement massif de capacités flexibles selon scénarios**
  - STEP investissement massif +10 à + 5 GW (actuel 4 GW)
  - TAC 27 GW, batteries 29 GW, P2G2P (H2) 16 GW
  - Dans tous scénarios, barrages existants : suréquipement économique + 900 MW
- Rappel, le modèle ne capture pas
  - Performances à haute dynamique
  - Rôle hydro sur réseaux locaux

**Ces moyens ne sont pas naturellement rentables**

Sauf STEP dans scénario nucléaire

Avec le soutien de

Alexis Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Résultats 2050 : un problème économique

France de 2030 à 2050

- Investissements massifs
  - De 3,5 G€/an à 4,5 G€/an
- Missing money
  - De 1 G€/an à 2,2 G€/an
- La situation est similaire dans les autres pays européens

**Des montants gigantesques  
non rémunérés**

Avec le soutien de

Alexis Assurances

**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**

**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# 2050 petite hydro

- **Le parc de petite hydraulique a un potentiel de modulation comparable aux batteries**
  - 250 MW x 250 MWh (pm réserves de réglage fréquence 2x600 MW)
- **A l'échelle d'une vallée avec PV, la petite centrale hydro est un outil de flexibilité significatif par modulation en actif et en réactif**
  - Petite centrale = 10 batteries domestiques (batterie de 10kW) = 10 prosumers lissés (cf EnBW Bade Wurtemberg) = lissage borne de recharge VE (cf étude PRE distributeur tchèque)
  - + 20% de capacité accueil PV sur ligne HTA
- **Sans compter : mini STEP, mini lacs**

L'enjeu du futur

Avec le soutien de

Alexis Assurances

envinergy  
CONSEIL & TRANSACTION

STPH

EIFFAGE

ENERGIE  
D'ICI

PUISSANCE  
HYDRO  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Rémunération actuelle de la flexibilité

- **Suivi de la demande résiduelle**
  - finesse du découpage des blocs sur le marché (30' au mieux en France)
  - Ex : ramping ultra-rapide hydro
- **Gestion des aléas**
  - valeur assurantielle non révélée
  - Ex: hydro disponible à arrêt ou pour modulation
- **Réseaux**
  - Plusieurs services non rémunérés: réglage de tension RPD, capacité mise à disposition pour traiter les congestions, reconstitution réseau / hydro outil d'ajustement
- **Le mécanisme de capacité n'intègre pas la flexibilité**
  - Garantie de disposer à terme de suffisamment de flexibilité en plus de suffisamment de puissance

**Absence de signal  
à l'investissement**

Avec le soutien de

Alexis Assurances  
**envinergy**  
CONSEIL & TRANSACTION

**STPH**  
**EIFFAGE**

**ENERGIE  
D'ICI**

**PUISSANCE  
HYDRO**  
Le magazine de  
l'hydroélectricité

# Restitution complète le 4 novembre à Paris

## En présence de Compass Lexecon et des partenaires

Avec le soutien de

**Alexis** Assurances

**STPH**

**envinergy**

France Hydro Electricité Pau Ghislain Weisrock

**EIFFAGE**

**ENERGIE D'ICI**

**PUISSANCE HYDRO**  
Le magasin de l'hydroélectricité

CONSEIL & TRANSACTION