

Quelle place pour le stockage massif d'électricité ?

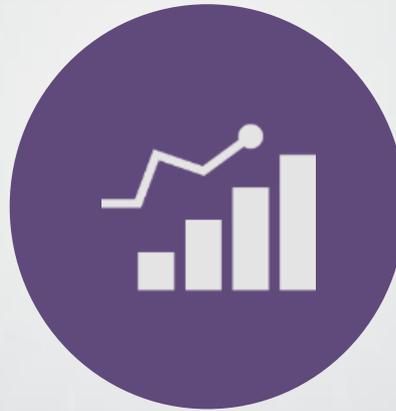
Jean-François Le Romancer

ASPROM
30 Novembre 2016

Donner du sens à l'expertise dans l'énergie



Stratégie et financement



**Outils d'analyses
novateurs**



**Accompagnement
opérationnel**

*Energies renouvelables / Smart-grids / Stockage énergie / Efficacité énergétique /
Business models émergents*

Un besoin avéré de stockage massif pour intégrer massivement les EnR intermittentes

Malgré un contexte réglementaire peu favorable

Et des solutions alternatives possibles

A condition de disposer d'une technologie compétitive économiquement et facilement déployable

Le stockage dans l'actualité

The Economist | World politics | Business & finance | Economics | Science & technology | Culture

Difference engine

Meet the battery-powered home All latest updates

Tesla joins the race to help homeowners unplug from the grid

May 14th 2015 | LOS ANGELES | Science and technology



YOU HAVE headlines... to challenge the establishment. electricity bus generating anc

ParisTech REVIEW

INDUSTRIES | BUSINESS | SOCIETY | SCIENCE & TECHNOLOGY

Stockage de l'électricité: le pari d'Elon Musk est-il tenable?

Vincent Champain & Vincent Schächter / Directeur des opérations France, General Electric & Directeur R&D, Total Energies Nouvelles / July 10th, 2015

GreenUnivers La référence du Green Business

ACCUEIL | ENR | EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE | MOBILITÉ | AIR, ENVIRONNEMENT, CARBONE | CHIMIE VERTÉ

VOUS ÊTES ICI: ACCUEIL / A LA UNE / STOCKAGE D'ÉNERGIE: TOTAL PREND L'AIR DE LIGHTSAIL (PREMIUM)

Stockage d'énergie : Total prend l'air de LightSail

19 FEVRIER 2013 PAR ALEXANDRE SIMONNET

TOTAL COMMITTED TO BETTER ENERGY

ÉNERGIES & SAVOIR-FAIRE | SOCIÉTÉ & ENVIRONNEMENT

TOTAL ENERGY VENTURES RENFORCÉ INVESTISSEMENTS DANS LE STOCKAGE D'ÉNERGIE ET ENTRE AU CAPITAL D'AQUION ENERGY

13 Novembre 2014

Alstom fournira des équipements de pompage-turbinage à la centrale électrique de Hainan, en Chine

30/10/2014

Alstom a remporté un contrat d'une valeur de 57 millions d'euros auprès de Hainan Pumped Storage Power Generation, pour la fourniture de trois groupes turbines-pompes, alternateur-moteur (200 MW) et d'équipements auxiliaires destinés à la première centrale de pompage-turbinage de 600 MW de la province de Hainan, en Chine. L'exploitation commerciale du premier groupe devrait débuter en décembre 2017.

Engie confirme l'intérêt stratégique des producteurs d'électricité de stockage. L'ex GDF Suez est monté au capital d'Advanced Microgrid Solutions (AMS). L'objectif est de stocker l'électricité renouvelable sur des sites tertiaires et industriels.

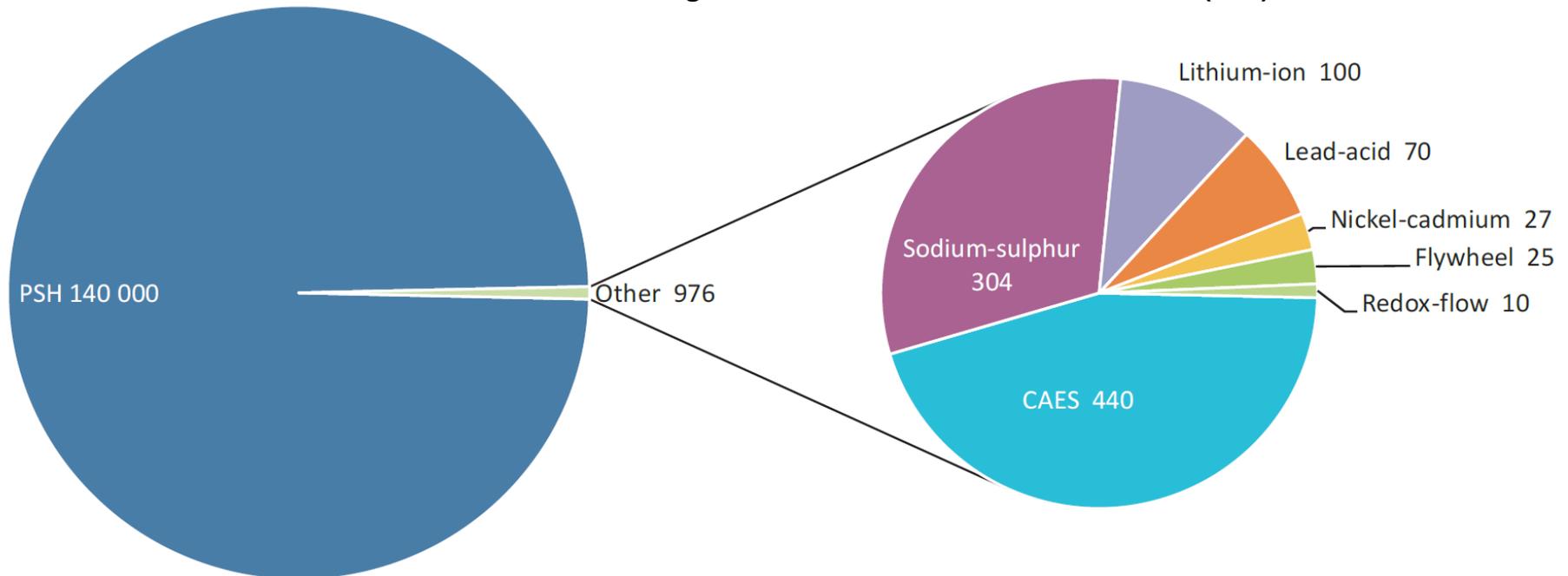
16 septembre 2015

Via son fonds Electronova Capital, EDF avait soutenu le développement de Forsee Power Solutions. Engie a, lui, injecté 6 millions de dollars au capital de la société américaine Advanced Microgrid Solutions (AMS). Le tour de table a atteint un montant total de 18 millions de dollars. La prise de participation a été réalisée par Engie New Ventures, le seul investisseur d'origine industrielle. Il s'agit du huitième investissement de la structure. Le deuxième fonds de capital-risque du groupe français. Depuis mai 2014, Engie New Ventures a déployé 25 millions d'euros pour prendre position au capital de sociétés innovantes.

Stockage : état actuel

- Le stockage massif à travers les STEP constitue 99% des installations de stockage actuellement présente sur la planète.

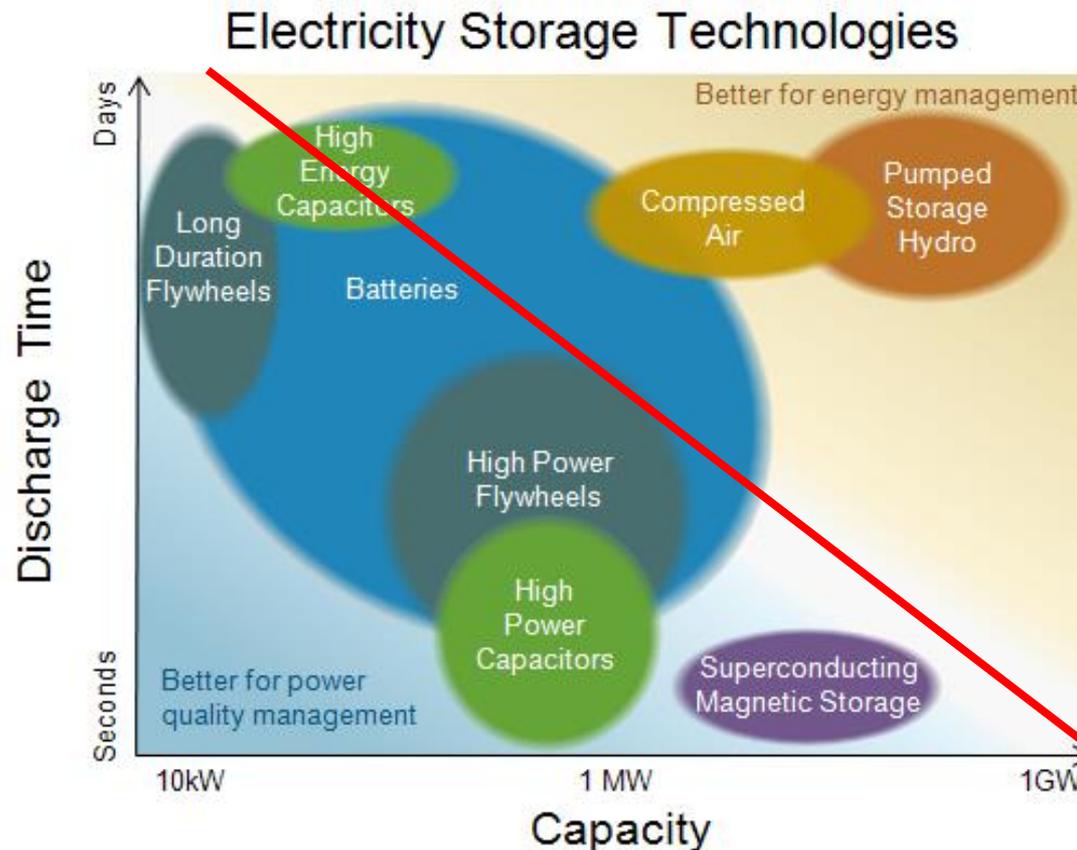
Installations de stockage actuellement connectées au réseau (MW)



Source: IEA analysis and EPRI (Electric Power Research Institute) (2010), "Electrical Energy Storage Technology Options", Report, EPRI, Palo Alto, California.

Multiplication par 3 à 5 de ces capacités d'ici 2050 (en Chine notamment)

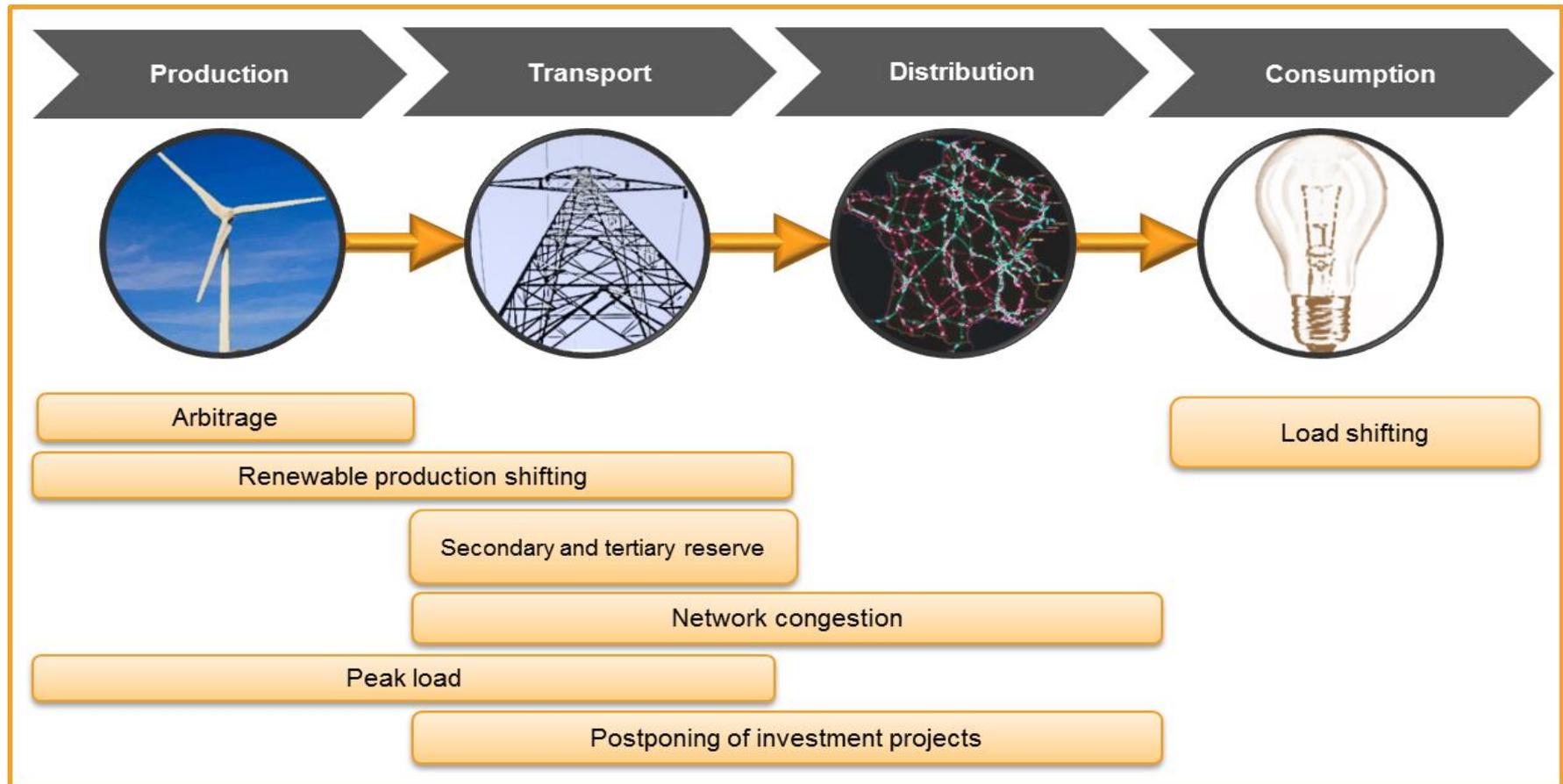
Les technologies de stockage - rappel



Source : EIA US Energy Information Administration

Une grande variété de technologies pour des services complémentaires

Services du stockage massif



Des services sur toute la chaîne de valeur de l'électricité

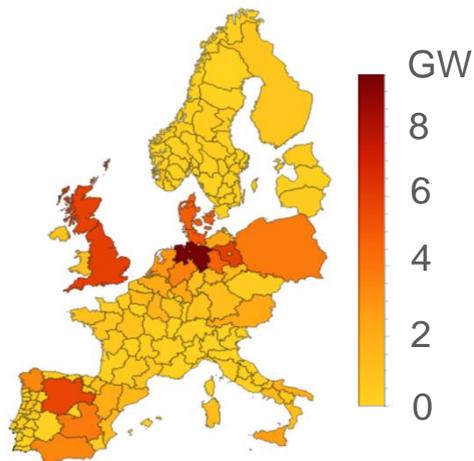
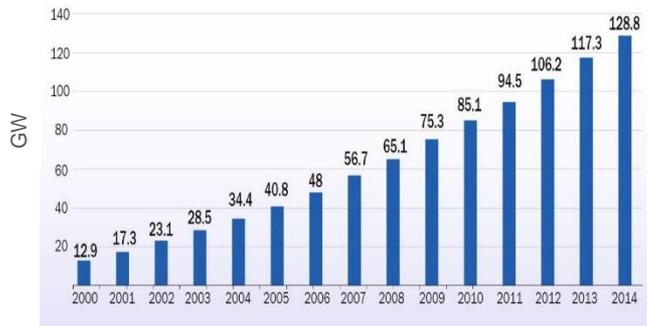


Intégrer massivement les énergies renouvelables

Un développement massif de l'énergie éolienne en Europe et en France

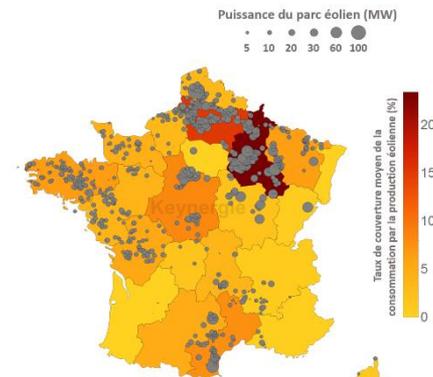
Europe

130 GW installés
10 GW /an dont 10 % offshore
plus de 5GW en 2014 rien qu'en Allemagne

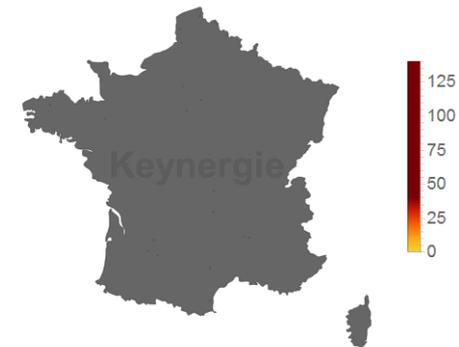


France

9 GW installés
D'ici 2020 : 11 GW terrestre et 6 GW offshore

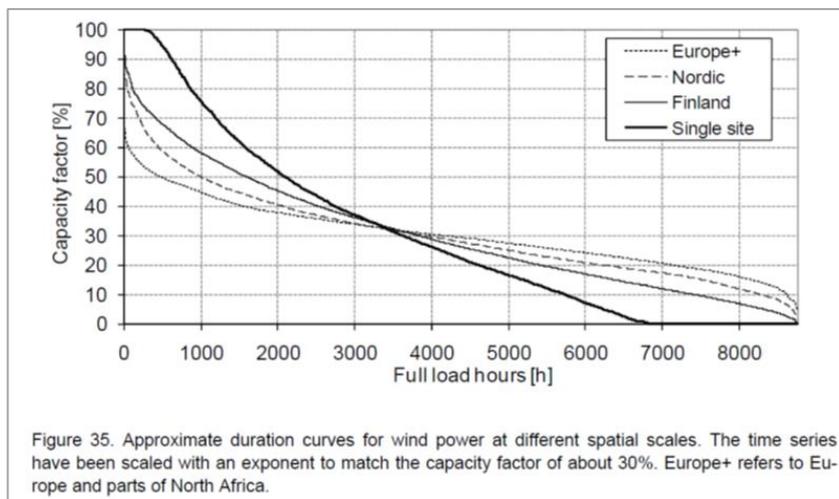


Installations éoliennes < 1 MW



Un développement important & de fortes disparités régionales => risque pour le réseau

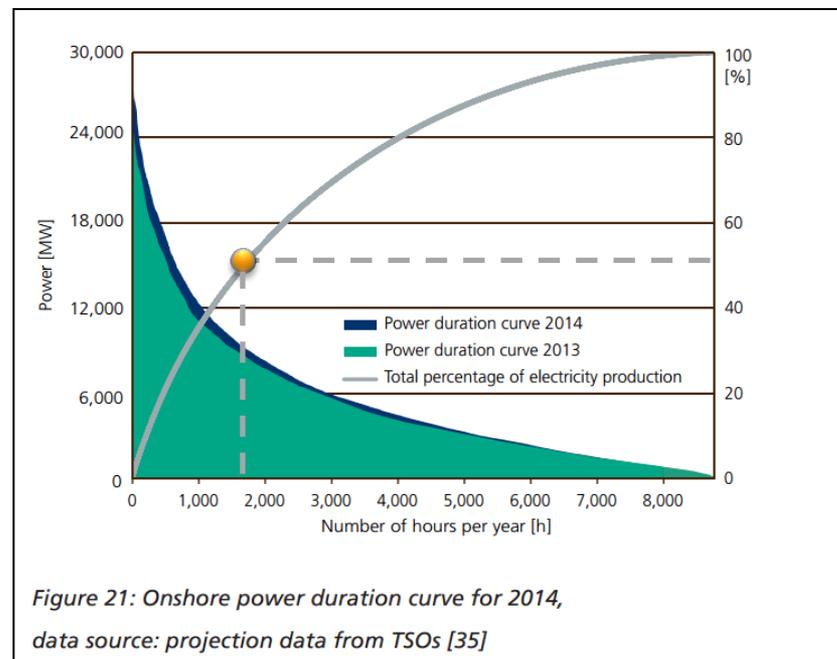
Effet du foisonnement en Europe



Source : Renewable electricity in Europe, Current state, drivers, and scenarios for 2020 (2011, VTT TIEDOTTEITA – RESEARCH NOTES 2584)

A l'échelle de l'Allemagne

50% de la production éolienne réalisée en moins de 2000 h

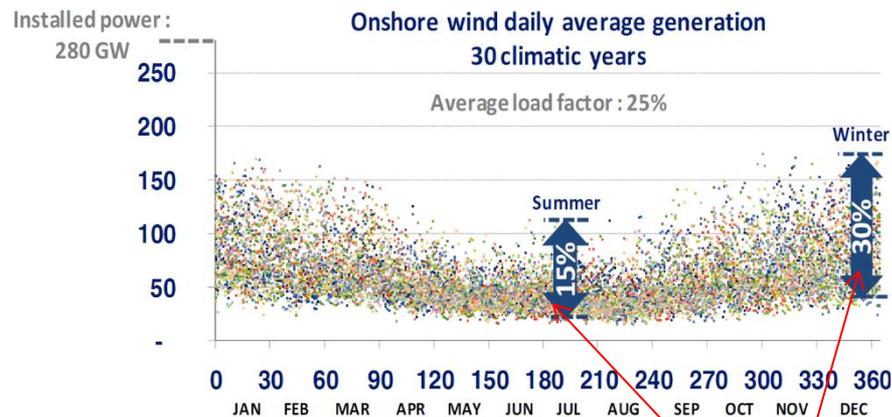


Source : Wind Energy Report GERMANY 2014 (Fraunhofer IWES)

Une production concentrée dans le temps

Des régimes de vents corrélés...

Prévision Europe avec 60 % EnR :



Source : Economic and technical analysis of the European system with a high res scenario (EDF R&D)

**Des variabilités de 15-30%
d'une année sur l'autre
pour un même jour
calendaire**

... et des erreurs de prévision...

En France :

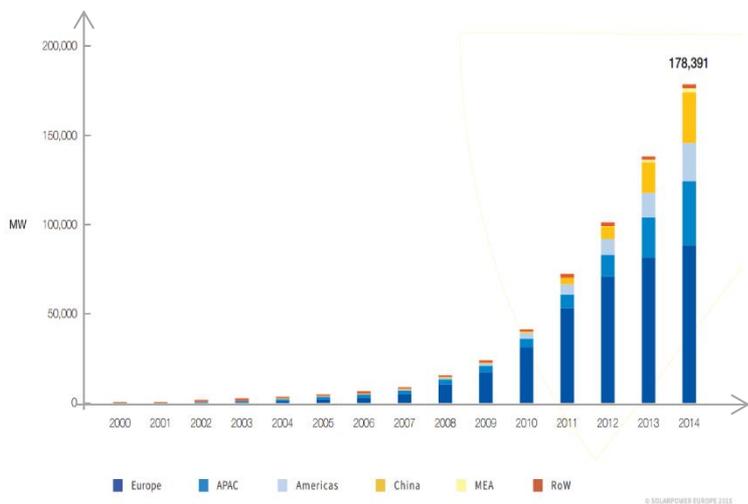
- 2% en intra-day, 5% à J+2 à l'échelle du pays
- 10% à J+1 à l'échelle d'un site.
- Pour de gros sites (onshore), ces erreurs représentent vite quelques MW.

...conduisent à la nécessité de fortes capacités de backups

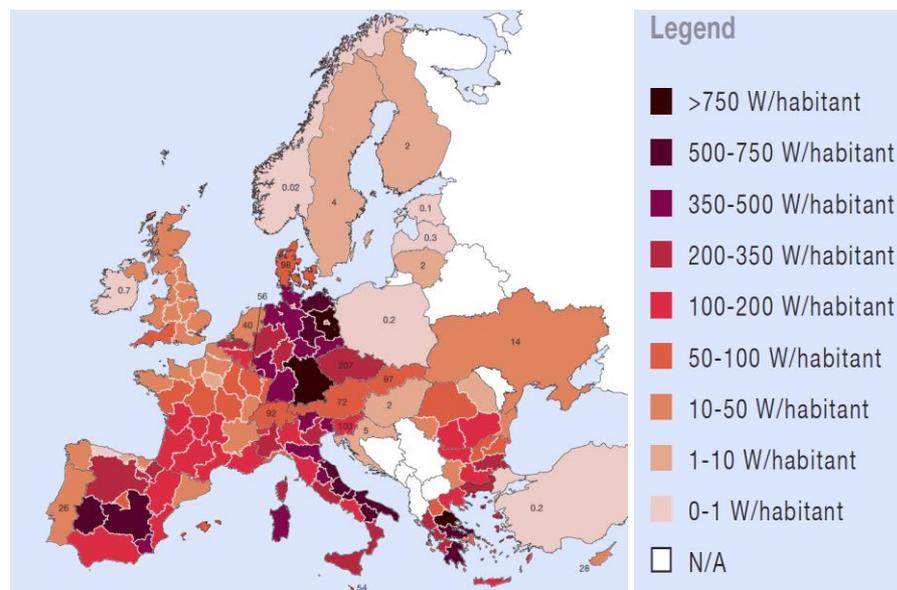
Un secteur en explosion...

- 90 GW en Europe
- + 50 GW en Europe d'ici 2020

PV Monde - Capacité cumulée installée



Mais également de fortes disparités régionales



Eolien : Analyse spectrale du vent

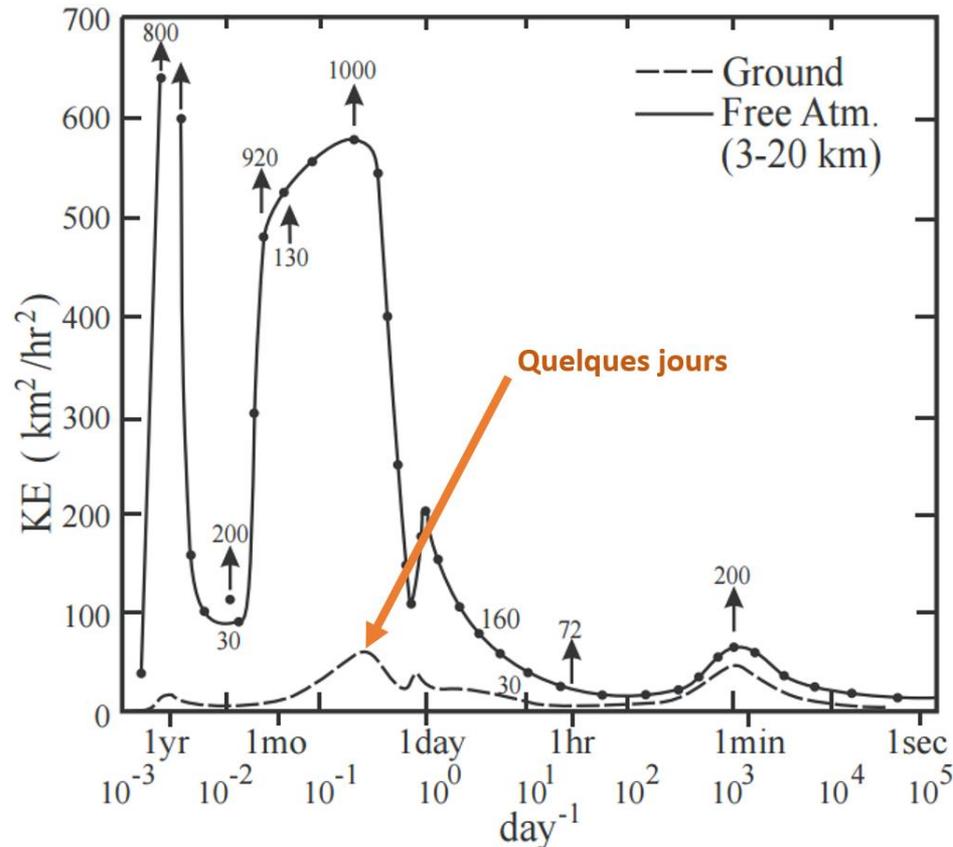
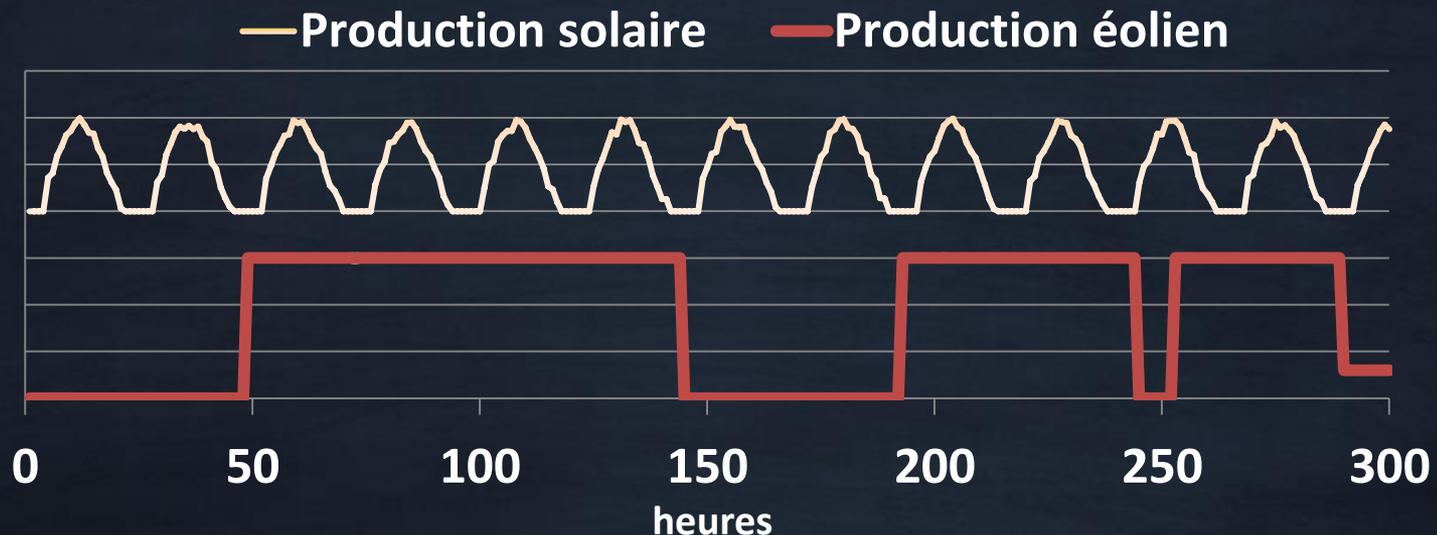


Fig. 1.1: Average kinetic energy of west-east wind component in the free atmosphere and near the ground. (Adapted after Vinnichenko 1970)

Variation des flux d'énergie



Solaire = Périodicité jour/nuit

Eolien = Longues périodes (Dépression/Anticyclone) et forte variabilité

*Des « paquets d'énergie » très importants
à stocker pendant plusieurs jours avec l'éolien*



Réglementaire : des mécanismes en évolution

Imperfections

- Manque de rémunération de la capacité pour répondre aux pointes
- Structures tarifaires uniformes
 - TURPE soutirage et injection
 - Pas de zonage pour les prix de l'électricité
- Tarification des réserves sur la base des prix de revient (limite la valeur des services pour le système)



Ecarts
entre les
bénéfices pour un
investisseur privé
et ceux pour la
société.



Améliorations possibles ?

- Actif régulé ou pas : faudrait-il permettre aux opérateurs de réseaux d'investir dans des systèmes de stockage ?
- Faudrait-il apporter un soutien spécifique au stockage comme cela a été fait pour les EnR ?

... ne permet pas de capter la valeur des bénéfices apportés par le stockage

Abattement tarifaire du TURPE, pour certaines installations de stockage

**Marché de capacité A partir de 2017 en France
(en attente de recommandations de la Commission Européenne)**

Fin des obligations d'achat EnR et vente directe sur le marché

- **Décret mai 2016**
 - Vente marché avec prime de compensation pour certaines EnR
 - Responsabilités standard en matière d'équilibrage
 - Incitations à ne pas produire en période de prix négatifs
- **Royaume-Uni : mise en place des Contracts for Difference (CFD) en 2017**
- **Danemark : Feed-In Premium pour les premières 22000 h à pleine charge puis vente sur le marché**

Prix plancher du CO2 ?

...Un contexte de nature à favoriser le stockage ?

Des alternatives possibles

Des solutions complémentaires pour les réseaux du futur



Interconnexions

- Temps de construction importants
- Coûts élevés (des dizaines de G€ par an d'ici 2050 (*e-highway2050*)).
- Solution si zones géographiques non corrélées du point de vue des régimes de vent



Demand Response

- Mais « rigidité » de certains gros consommateurs
- Quel gisement ?



Véhicule électrique

Intérêt pour la valeur puissance, moins pour l'énergie.



Stockage décentralisé

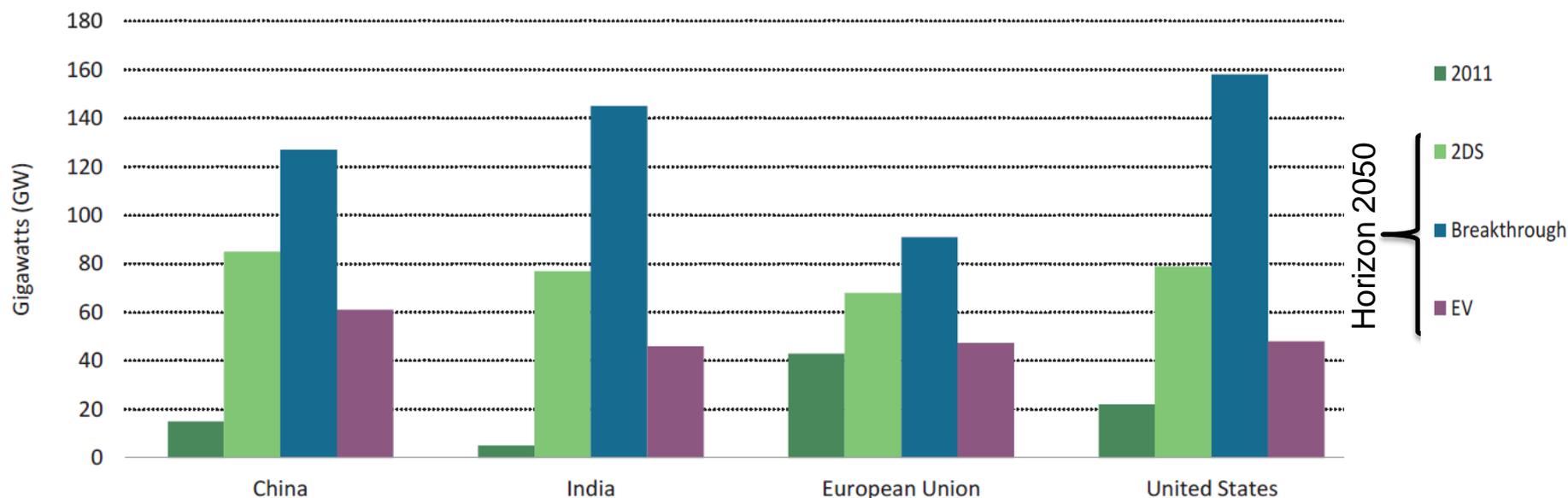
- Un intérêt si production locale à optimiser
- Connexion au réseau toujours indispensable ?
- Quel budget pour 3 jours d'autonomie ?
- La mutualisation ? Jusqu'à quelle échelle ?

Le stockage massif, une solution complémentaire équivalente à une centrale de pointe propre



**Un besoin de stockage massif confirmé
par plusieurs études**

Plusieurs dizaines de GW même avec une forte pénétration du VE

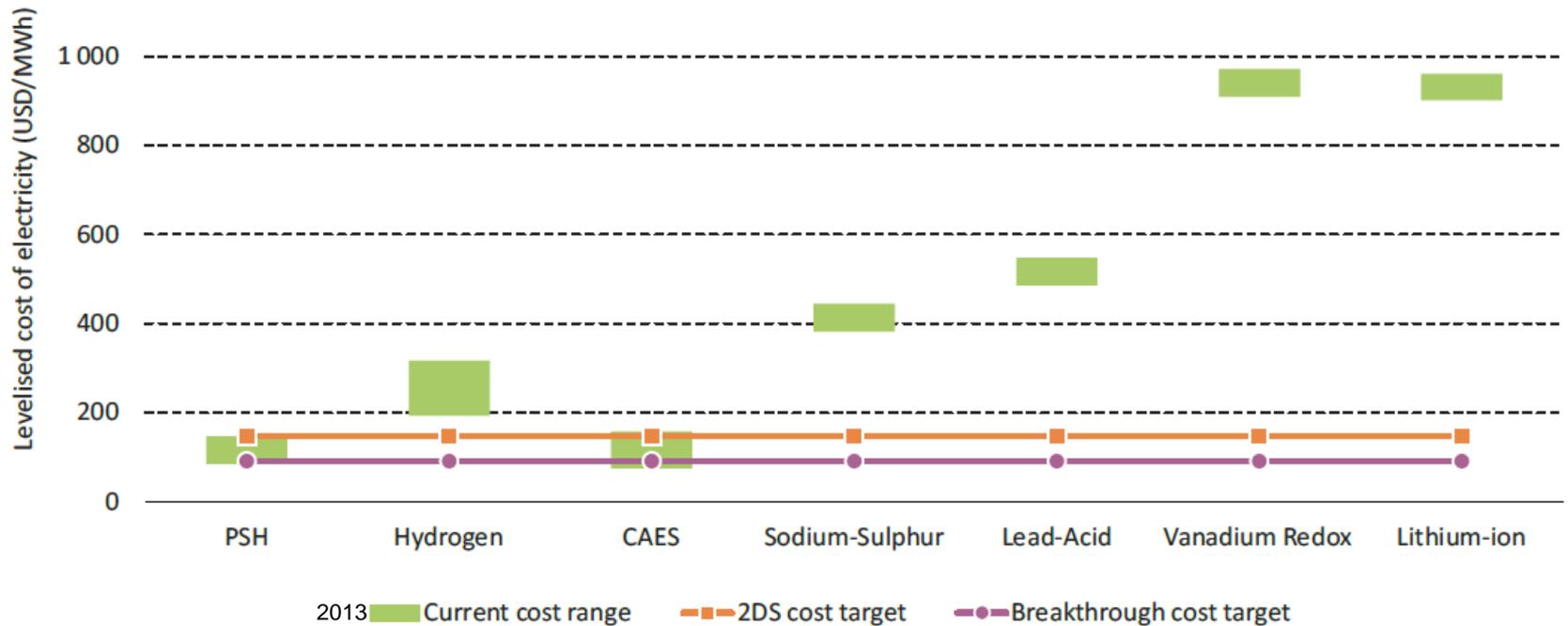


2DS: scénario visant à limiter à 2°C l'augmentation de température moyenne du globe

Breakthrough: scénario supposant d'importantes réductions de coûts des technologies de stockage

EV: scénario avec les véhicules électriques participants à la flexibilité du réseau électrique (Demand Response)

Le stockage massif devra être très abordable pour satisfaire le scénario 2DS.

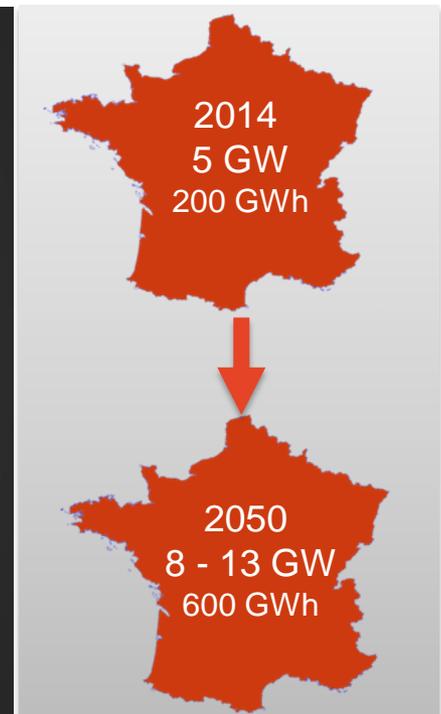
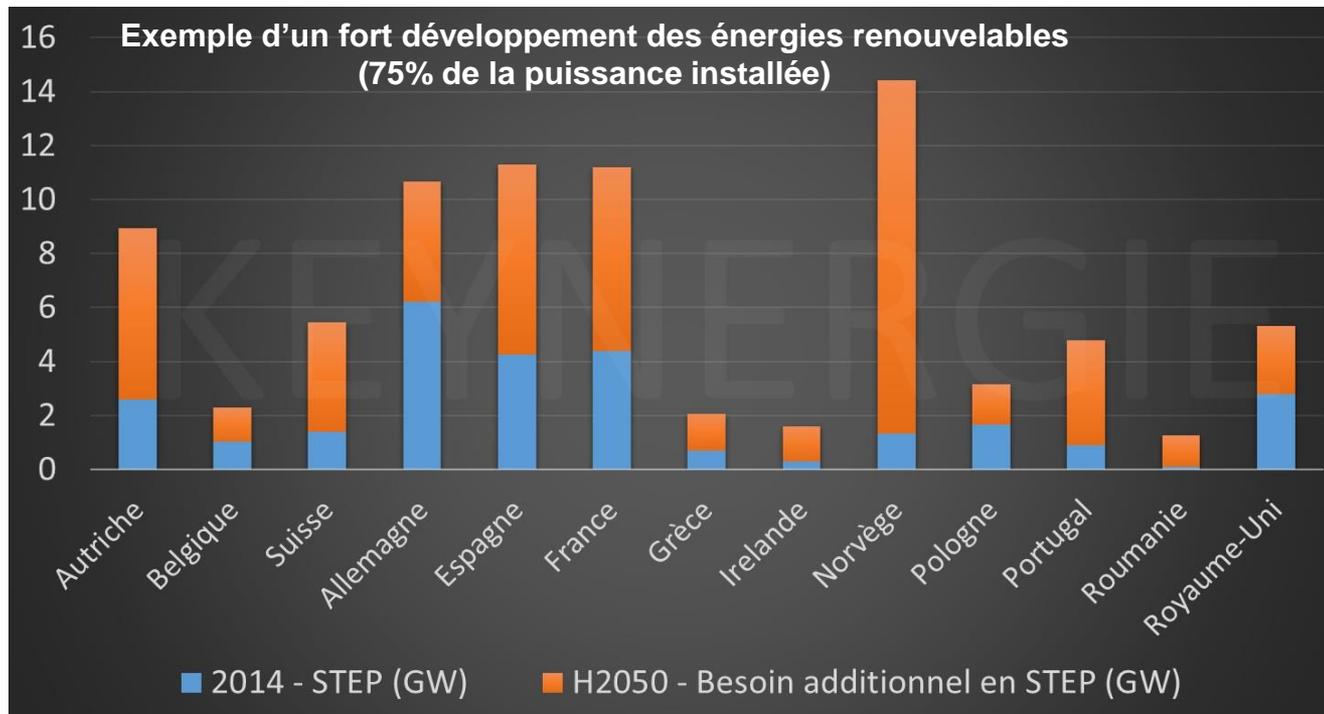


source IEA – ETP 2014

*LCOS = Levelized Cost of Storage

A l'échelle européenne 2050

Doubler les puissances installées en stockage (≈ de 40 à 80 GW)



**En France, besoin de 400 GWh* additionnels
... mais un potentiel de sites adaptés d'environ 100 GWh.**

Un besoin additionnel significatif dans la plupart des pays Européens.

Aujourd'hui :

Si seules les STEP sont envisagées
=> 100 à 400 G€ d'investissements
dans les réseaux

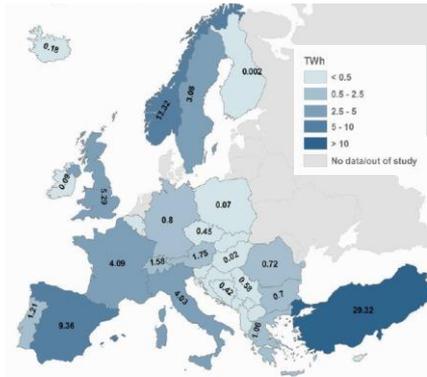
Une technologie de stockage massif pouvant être implantée sans contrainte géographique permettrait d'optimiser le réseau de transport et de réduire les investissements dans de nouvelles interconnexions.



Pour quelles technologies ?

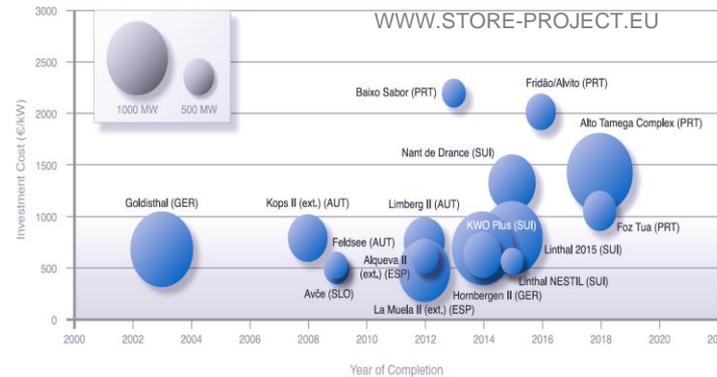
Quel futur pour les STEP en Europe ?

Potentiel



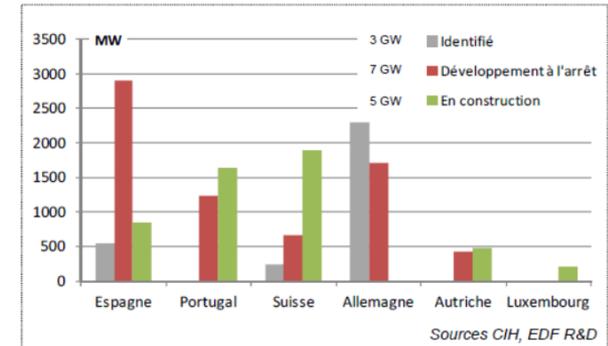
De 8 à 50 TWh en Europe
0,3 à 4TWh en France [1]

Capex (€/kWh)



Une progression sensible des Capex sur les nouveaux projets [2]

Réalisations



De nombreux projets en difficulté ou en stand-by [3]

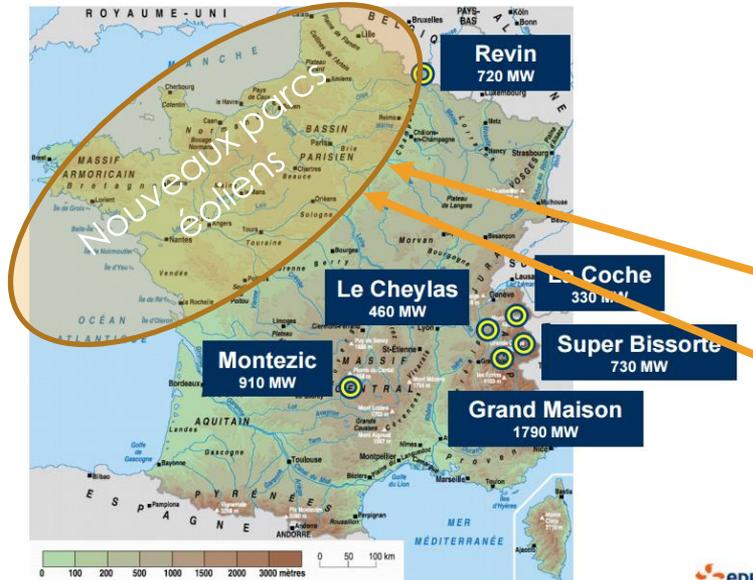
Un potentiel important, mais une progression des coûts et un déploiement incertain

- Sources :
- [1] Assesment of the European potential for pumped hydropower energy storage – A GIS-based assessment of pumped hydropower storage potential (JRC - 2013 - Commission Européenne)
 - [2] www.STORE-PROJECT.EU
 - [3] Fondation Tuck - 09/02/15 - Les STEP et leur intérêt (Nathalie Lefebvre, EDF)

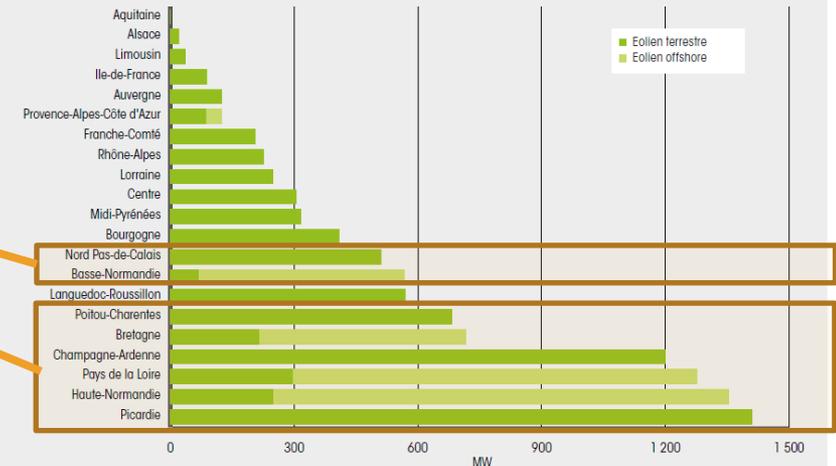
Quel futur pour les STEP en France ?

En France, de grandes installations en Sud-Est mais les prochains grands parcs éoliens attendus sont au Nord et à l'Ouest du pays.

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



File d'attente de raccordement des projets éoliens par région au 30 juin 2015

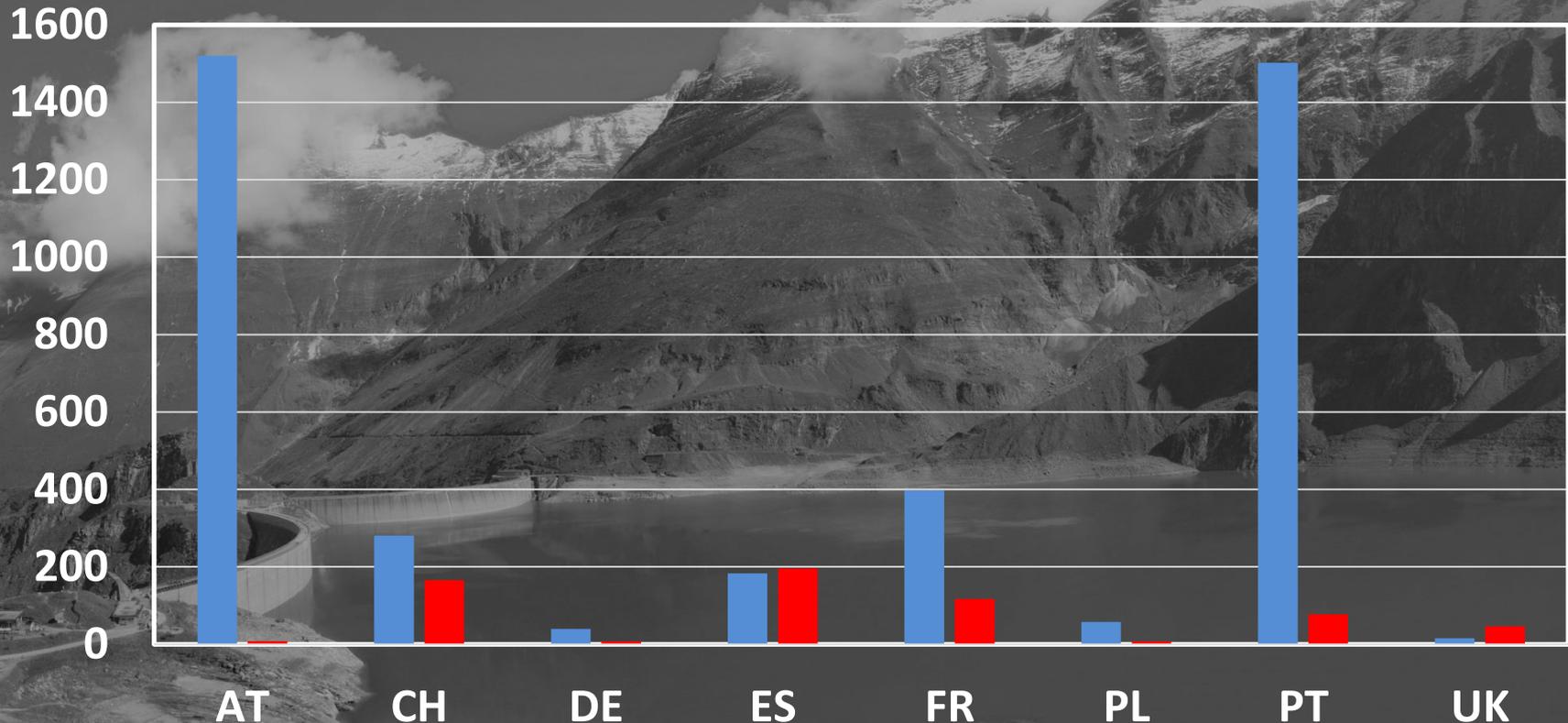


Les données relatives à la file d'attente de la Corse ne sont pas disponibles

Ce rééquilibrage géographique est-il compatible avec la volonté politique des régions, dans un contexte de territorialisation de l'énergie ?

STEP : besoins et potentiels

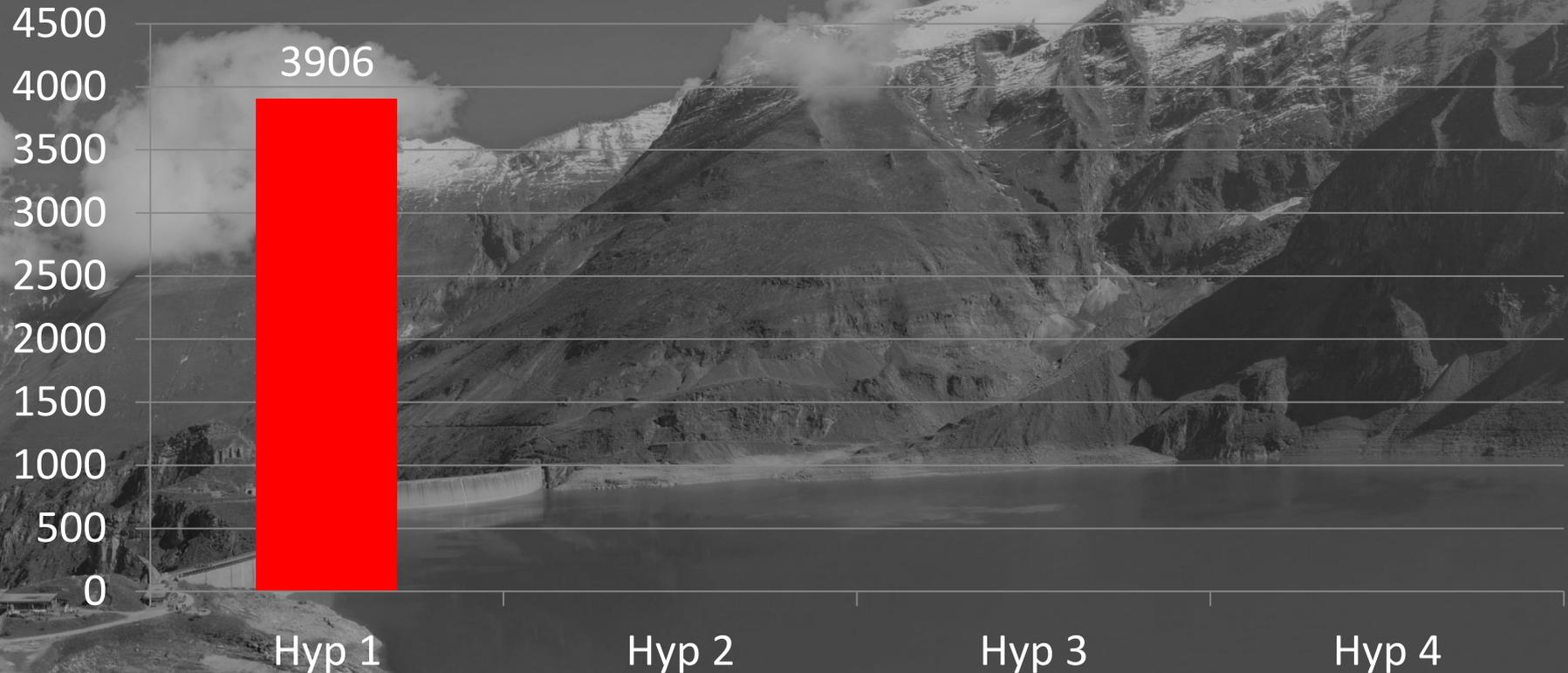
GWh



■ Besoin additionnel en STEP (GWh) - Source : E Highway 2050

■ Potentiel additionnel réalisable en STEP (GWh) (Source E-storage)

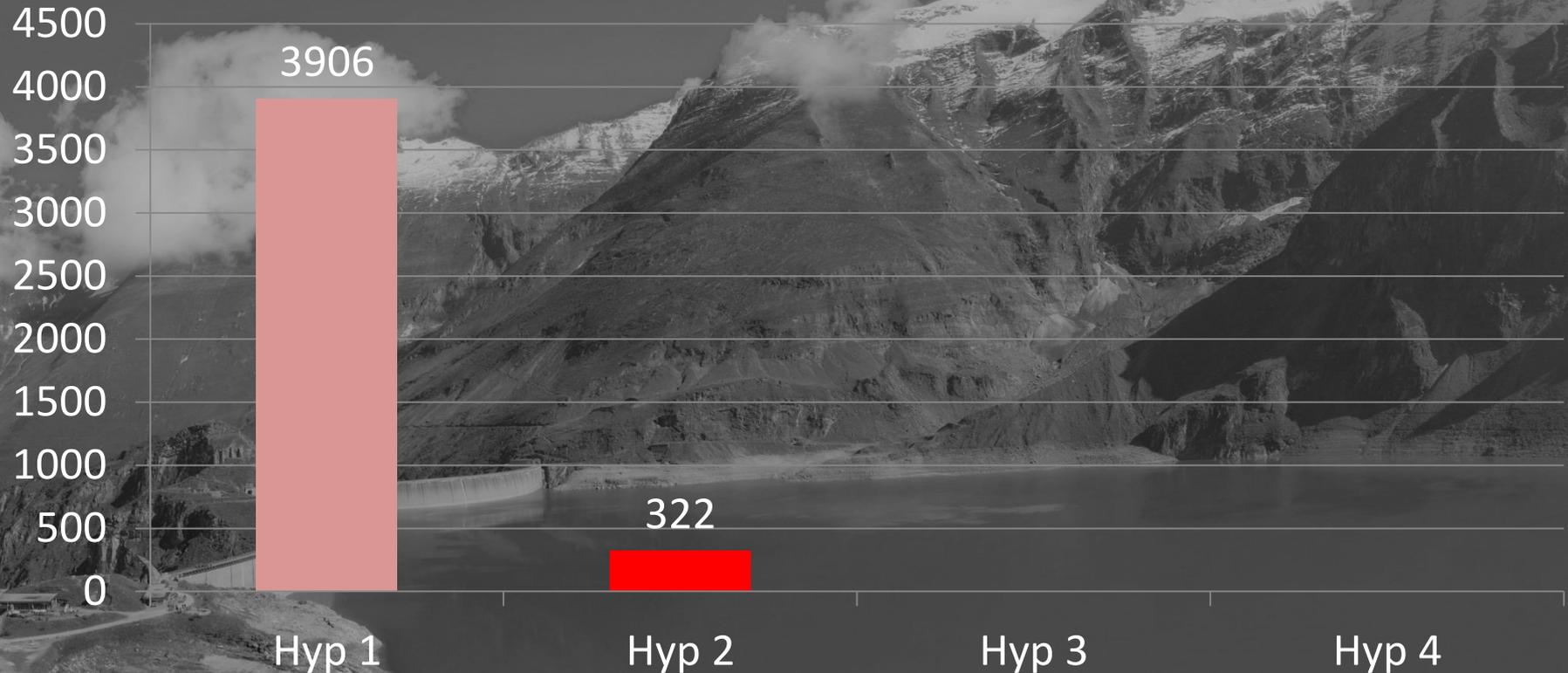
Potentiel additionnel en STEP GWh (Cas de la France)



Hyp 1 :

- Un seul réservoir existe.
- 20km maximum entre les deux réservoirs.
- Inclus contraintes environnementales.

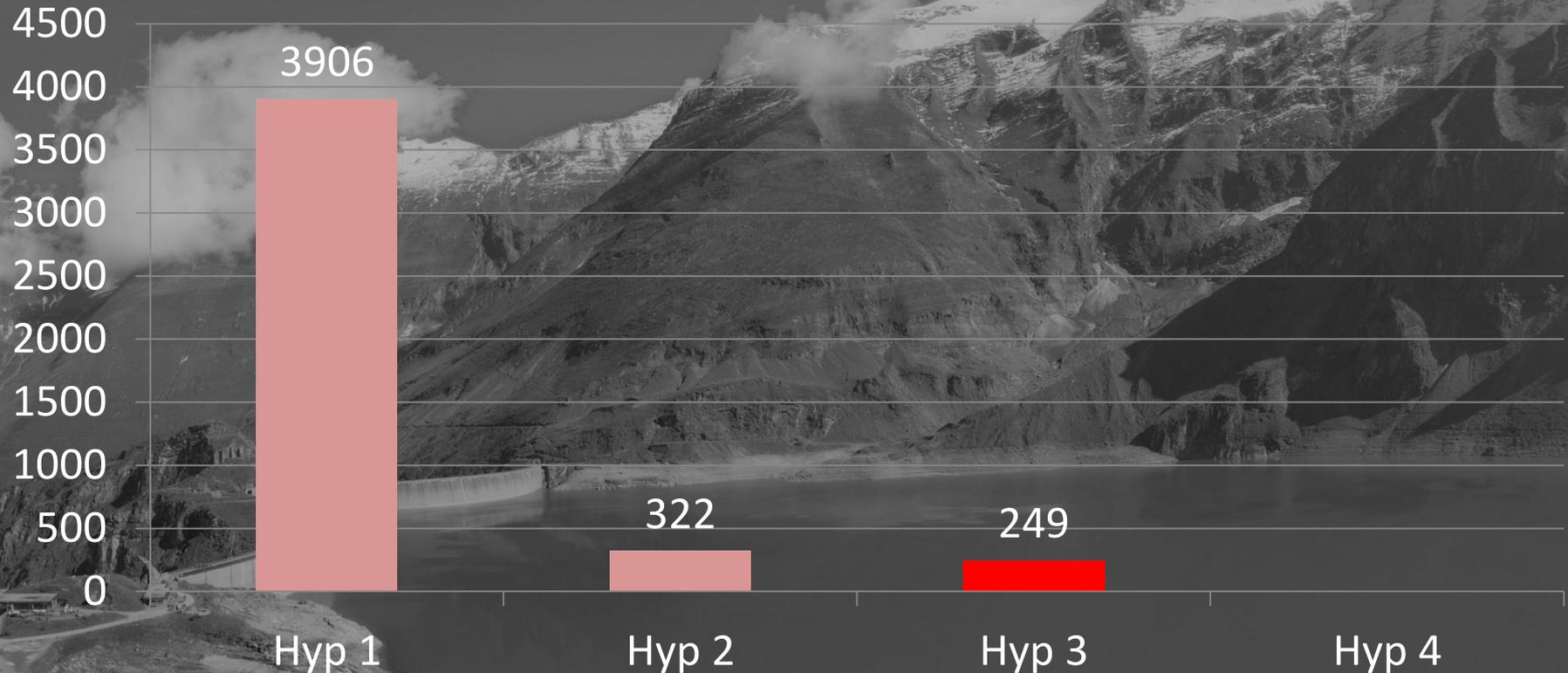
Potentiel additionnel en STEP GWh (Cas de la France)



Hyp 2 :

- Les deux réservoirs existent.
- 20km maximum entre les deux réservoirs.
- Inclus contraintes environnementales.

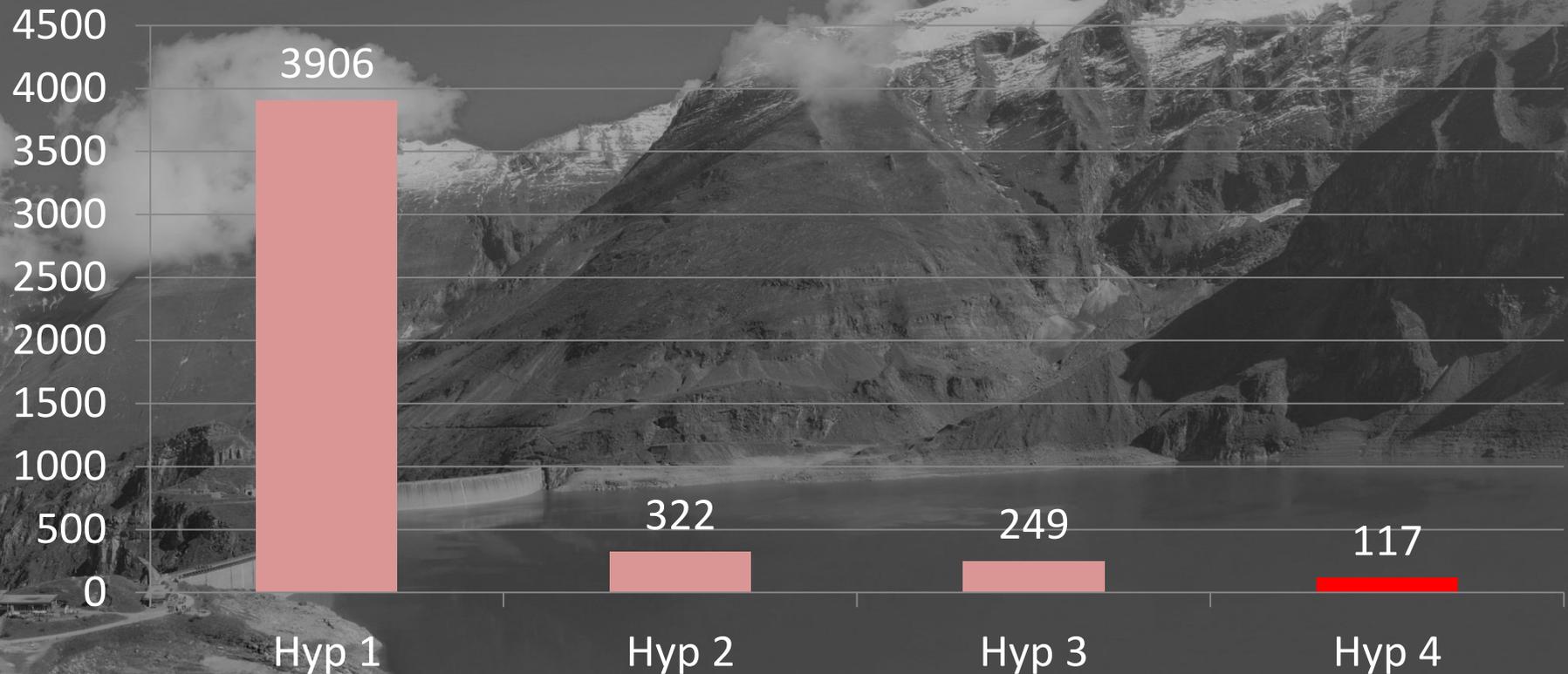
Potentiel additionnel en STEP GWh (Cas de la France)



Hyp 3 :

- Les deux réservoirs existent.
- 10km maximum entre les deux réservoirs.
- Aucune contrainte environnementale.

Potentiel additionnel en STEP GWh (Cas de la France)



Hyp 4 :

- Les deux réservoirs existent.
- 10km maximum entre les deux réservoirs.
- Revue au cas par cas par des experts (contraintes environnementales, etc.).

Quel futur pour les CAES en Europe ?

- L'Europe présente des zones comportant potentiellement des cavités salines adaptées pour les CAES (Compressed Air Energy Storage).
- Mais l'emplacement de ces cavités ne coïncide pas forcément avec le développement des grands parcs éoliens.
- L'utilisation de ces cavités pour le stockage d'électricité pourrait à terme entrer en compétition avec le stockage de gaz.
- Les CAES de surface (stockage de l'air en enceintes sous pression) affichent des CAPEX 30-40% plus élevés que ceux pouvant bénéficier d'une cavité existante.

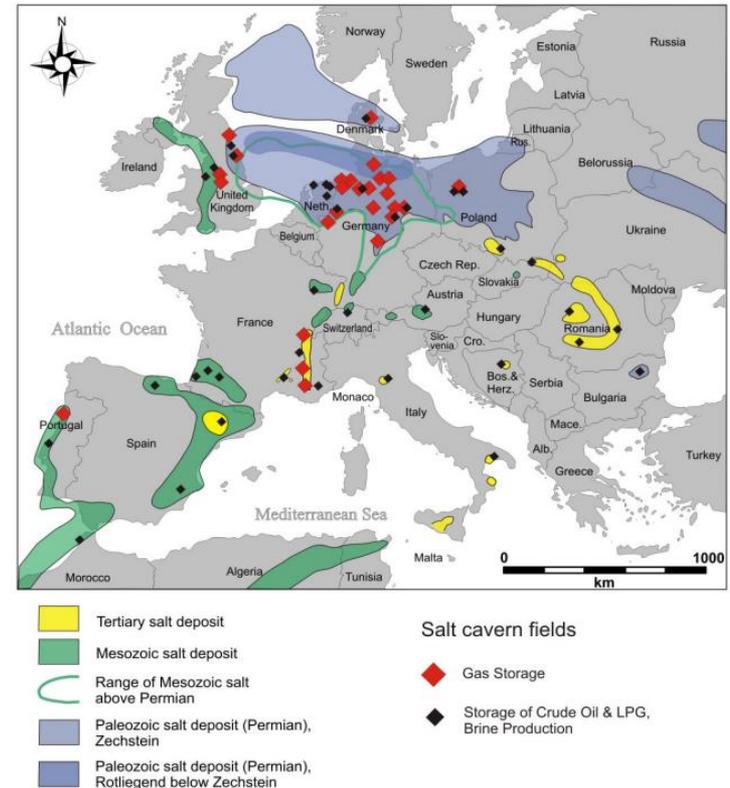


Figure 4: Underground salt deposits and cavern fields in Europe (modified from GILLHAUS et al., 2006; HORVATH & GILLHAUS, submitted).

**Certaines zones d'Europe du Nord sont favorables à l'implantation de CAES.
En France, c'est plus complexe.**

- 99 % du stockage est réalisé par des STEP, donc du stockage massif...
- Les productions EnR sont très concentrées, leur intégration doit être pensée à l'échelle régionale plutôt que nationale.
- Il existe un ensemble de solutions complémentaires pour intégrer les EnR, le stockage massif est l'une d'entre elle. Il est le seul a pouvoir assurer certains services (**valorisation des surplus, black start, optimisation des actifs de production**).
- Plusieurs études montrent que le stockage massif est bénéfique pour la société (facture électrique globale du pays diminuée) mais un projet n'est **pas toujours rentable du point de vue de l'investisseur => Le market design doit être adapté.**
- Pour se développer le stockage doit viser des LCOE de l'ordre de 100 à 150 €/MWh
 - Aujourd'hui seuls les STEP et les CAES sont compétitifs sous certaines conditions
 - Néanmoins leur déploiement est soumis à de fortes contraintes d'implantation
- Il reste de la place pour de nouvelles technologies de stockage massif bas coût, sans contrainte d'implantation et respectueuse de l'environnement.

Stockage massif = Clean Peak Power Plant



www.keynergie.com

Contact : 06 23 48 12 71

Jean-François Le Romancer : jf.leromancer@keynergie.com



<http://fr.linkedin.com/pub/jean-francois-le-romancer/10/600/2b/>

Puissances installées en France (MW)

■ 2015 (RTE) ■ 2018 (objectif PPI) ■ 2023 (objectif PPI)

