



Quelle place pour le stockage massif d'électricité ?

Jean-François Le Romancer

Donner du sens à l'expertise dans l'énergie



Stratégie et financement

- Stratégie de l'innovation
- AMO
- Montage de projets
- Financement



Outils d'analyses novateurs

- Dimensionnement et valorisation du stockage électricité
- Analyse du marché éolien



Accompagnement opérationnel

- Etudes technico économiques
- Incubation de projets innovants
- PMO

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 HAV
headlines...
to challenge
establishmer.
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 FÉVRIER 2013 PAR ALEXANDRE SIMONNET

TOTAL COMMITTED TO BETTER ENERGY

ÉNERGIES & SAVOIR-FAIRE | SOCIÉTÉ & ENVIRONNEMENT

TOTAL ENERGY VENTURES RENFORC... 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

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.

16 septembre 2015

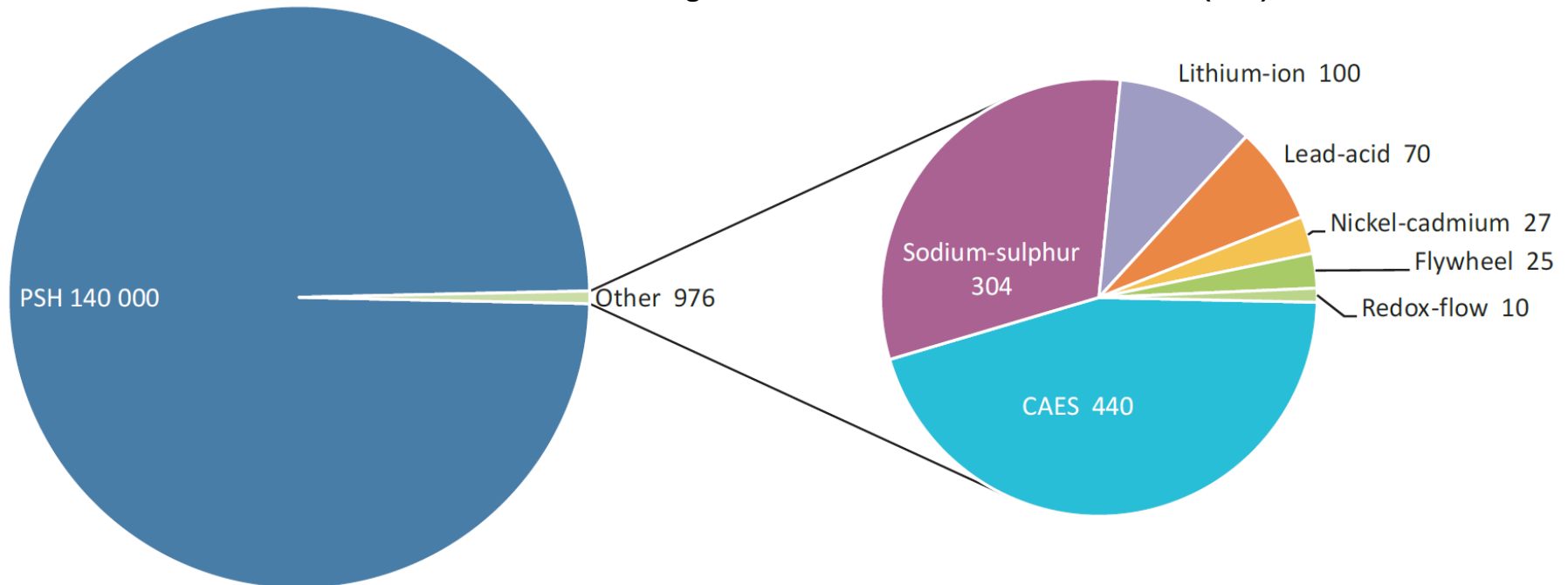
Engie confirme l'intérêt stratégique des producteurs d'électricité dans le stockage. L'ex GDF Suez est montée au capital d'Advanced Microgrid Solutions (AMS). L'objectif est de stocker l'électricité renouvelable sur des sites tertiaires et industriels.

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.

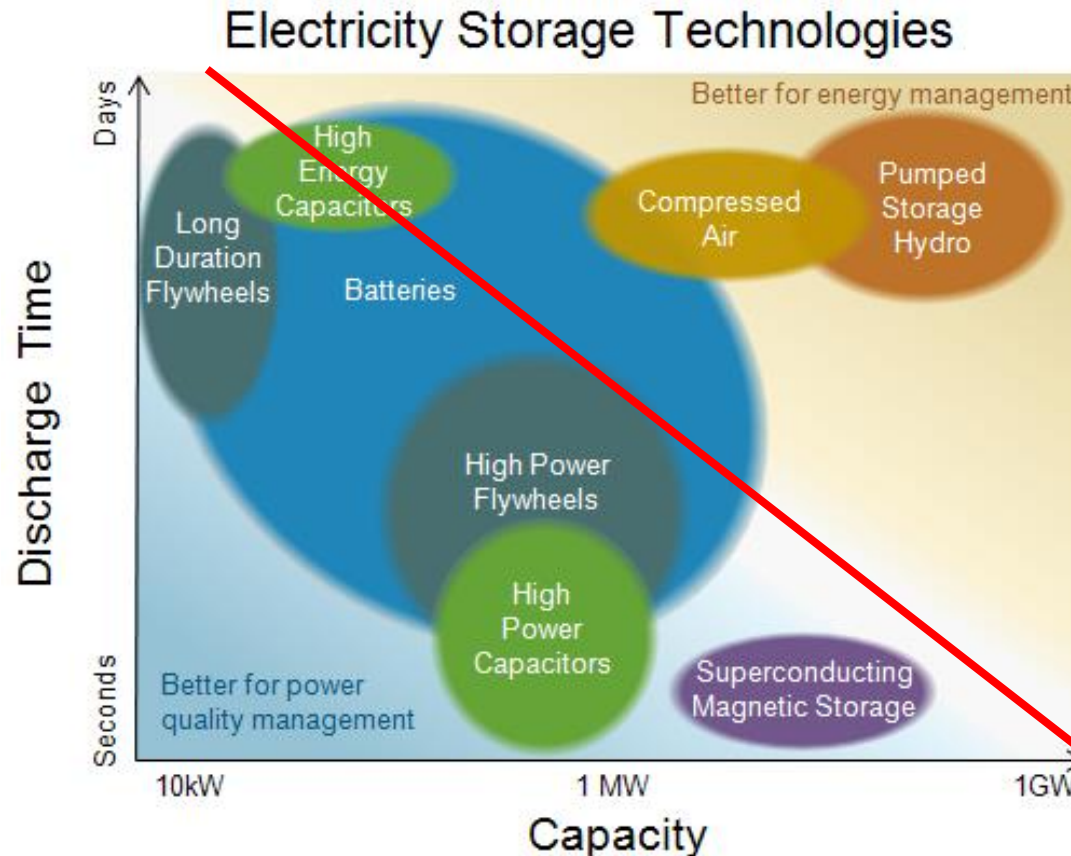
Installations de stockage actuellement connectées au réseau (MW)



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

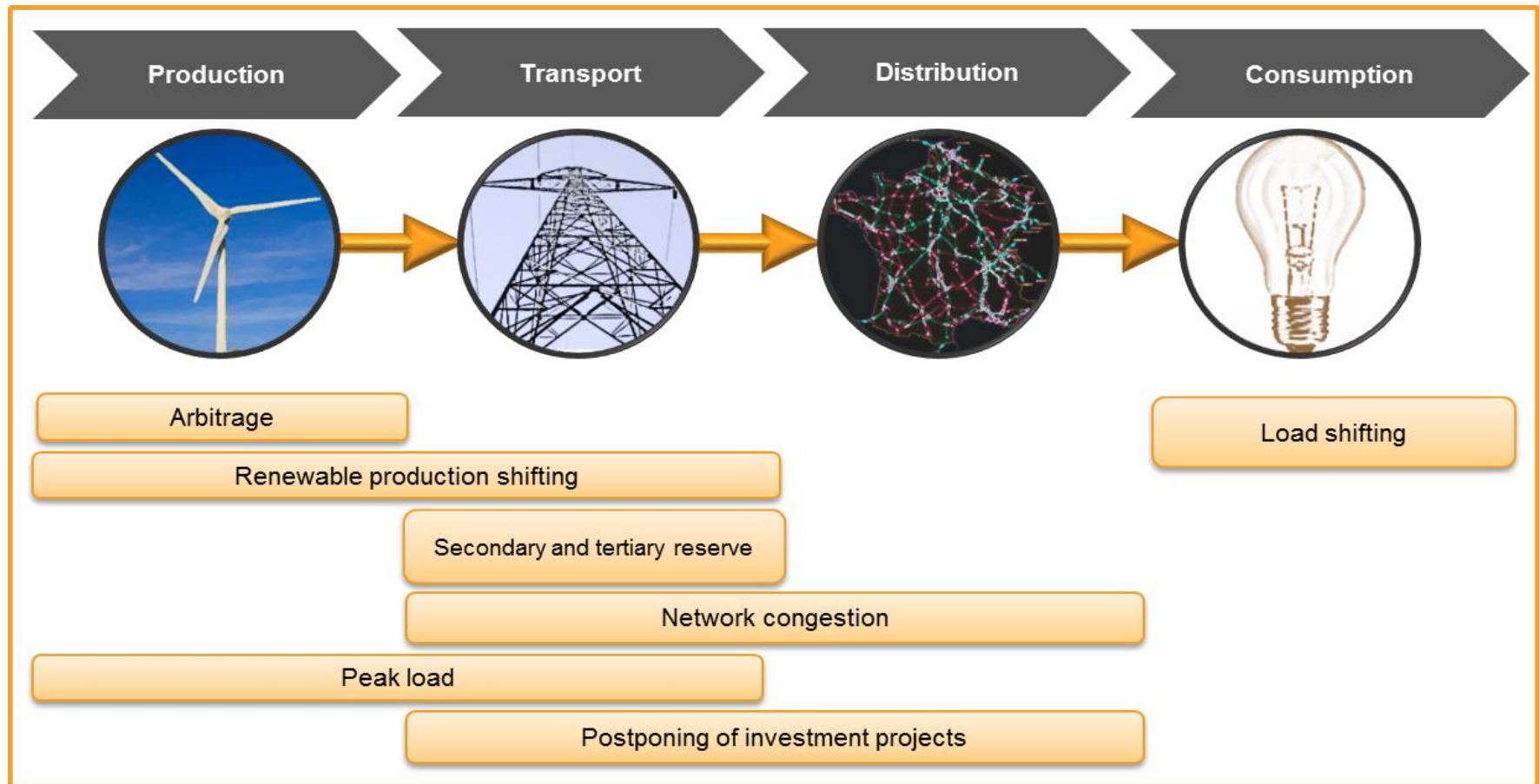


← Stockage massif

Source : EIA US Energy Information Administration

Une grande variété de technologies pour des services complémentaires

Services du stockage massif



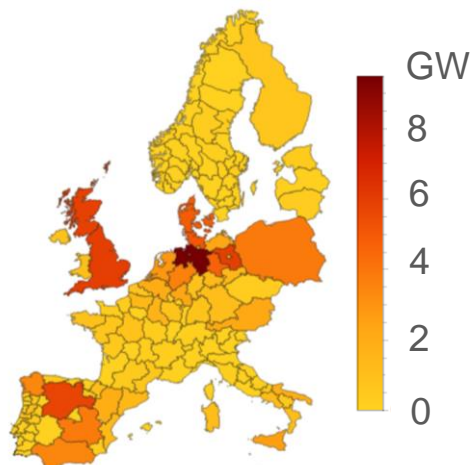
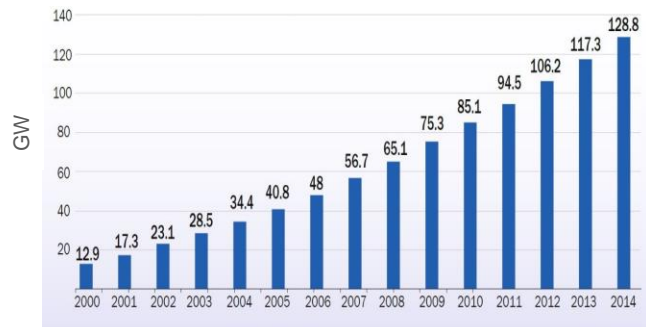
Des services sur toute la chaîne de valeur de l'électricité

Intégrer Massivement les EnR

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

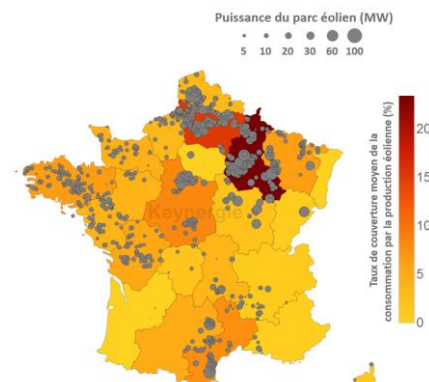
Europe

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

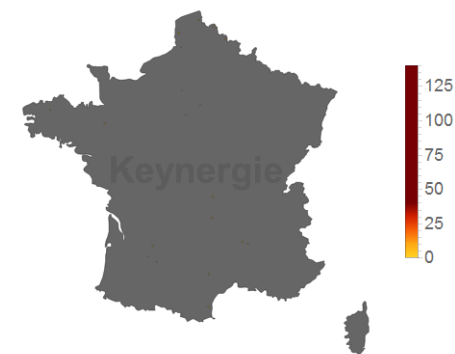


France

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

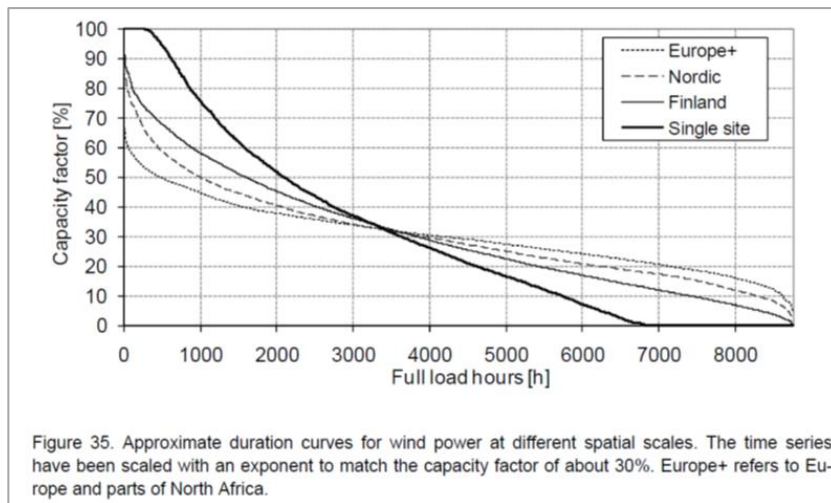


Figure 35. Approximate duration curves for wind power at different spatial scales. The time series have been scaled with an exponent to match the capacity factor of about 30%. Europe+ refers to Europe and parts of North Africa.

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

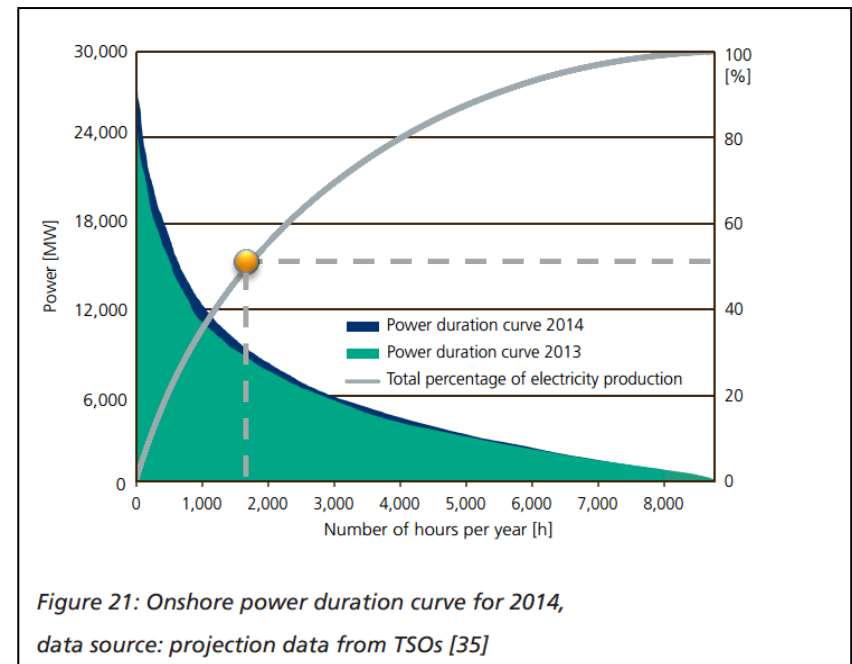


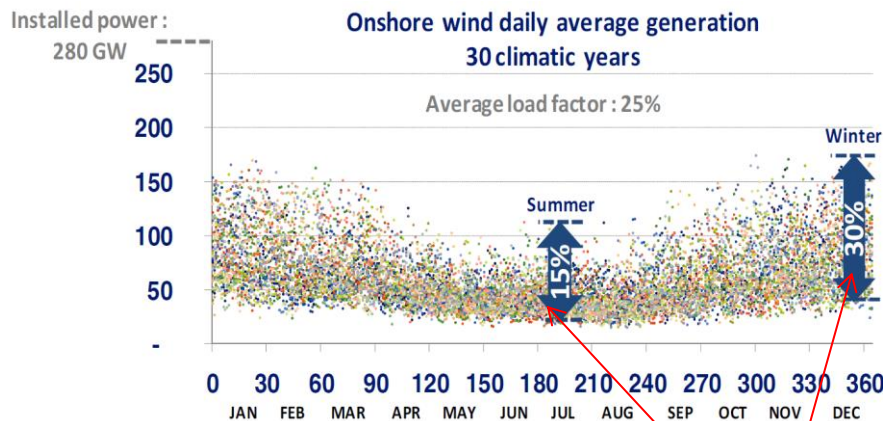
Figure 21: Onshore power duration curve for 2014, data source: projection data from TSOs [35]

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 :

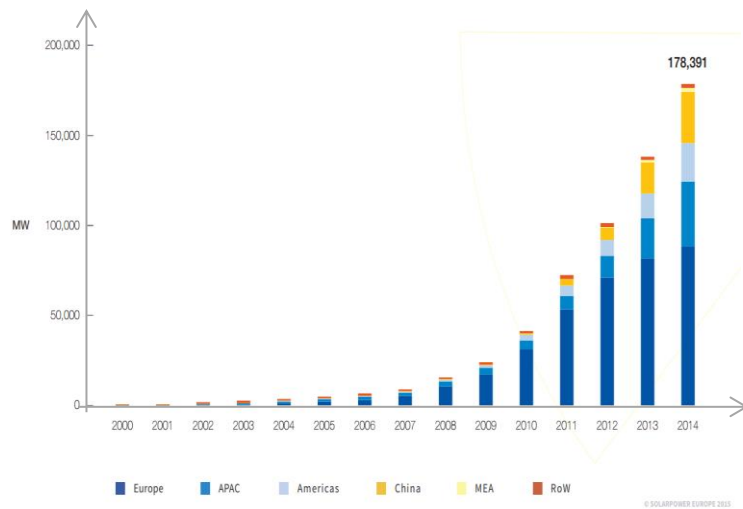
- 2% en intra-day, 5% à J+2 à l'échelle du pays
- 10% à J+1 à l'échelle d'un site.
- Pour de gros sites (onshore), ces erreurs représentent vite quelques MW.

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

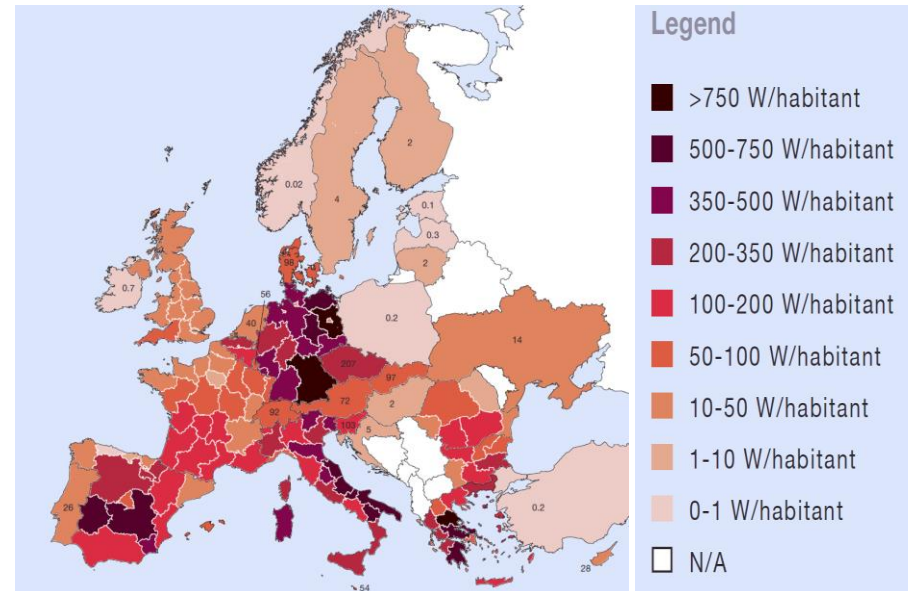
Un secteur en explosion...

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

PV Monde - Capacité cumulée installée



Mais également de fortes disparités régionales



Un contexte réglementaire peu favorable

Imperfections

- Manque de rémunération de la capacité pour répondre aux pointes
- Structures tarifaires uniformes
 - TURPE soutirage et l'injection (France)
 - Pas de zonage pour les prix de l'électricité
 - Pas de rémunération pour décongestionner le réseau
- 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 ?

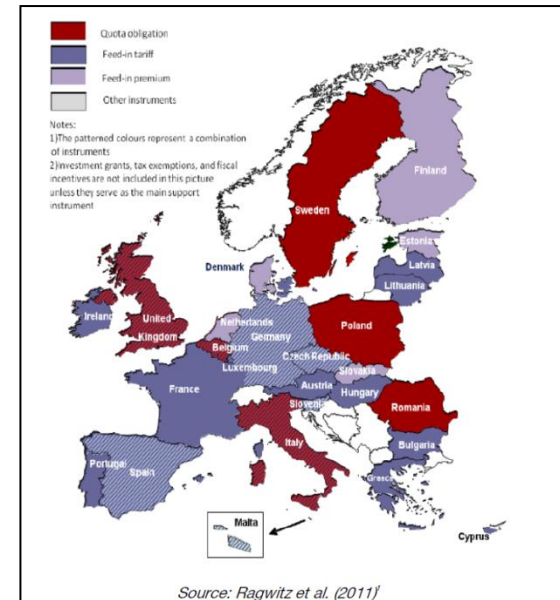
... ne permet pas de capter la valeur des bénéfices apportés par le stockage

Marché de capacité

- A partir de 2017 en France
- En attente des recommandations de la Commission Européenne (Analyse en cours)

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

- **Recommandations de la CE**
 - Vente marché (+prime) pour production EnR > 500 kW
 - Responsabilités standard en matière d'équilibrage
 - Incitations à ne pas produire en période de prix négatifs
- **UK : mise en place des Contracts for Difference (CFD) en 2017**
- **Danemark :**
 - Feed-In Premium (FIP) pour les premières 22000hr à pleine charge puis vente sur le marché
- **Allemagne : FIT dégressifs dans le temps**



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

Des alternatives possibles

Production

Transport

Distribution

Consommation

Interconnexions

- Temps de construction importants
- Perspectives incertaines
- Coûts élevés (des dizaines de G€ par an d'ici 2050 (source : e-highway2050, Novembre 2015)).
- Même avec un réseau parfait, {production base + ENR} sera par moment supérieure à la demande (« system overflow »).
- Solution si les zones géographiques ne sont pas corrélées du point de vue des régimes de vent

Demand Response

- Mais « rigidité » de certains gros consommateurs (ferroviaire...)

Véhicule électrique



- Un intérêt pour la valeur puissance, moins pour l'énergie

Le stockage massif : une solution complémentaire

- Valorisation des surplus (éolien en particulier)
- Assurer la sécurité du réseau (congestion, black-start)
- Optimisation des actifs de production
- Equivalent à des centrales de pointe propres

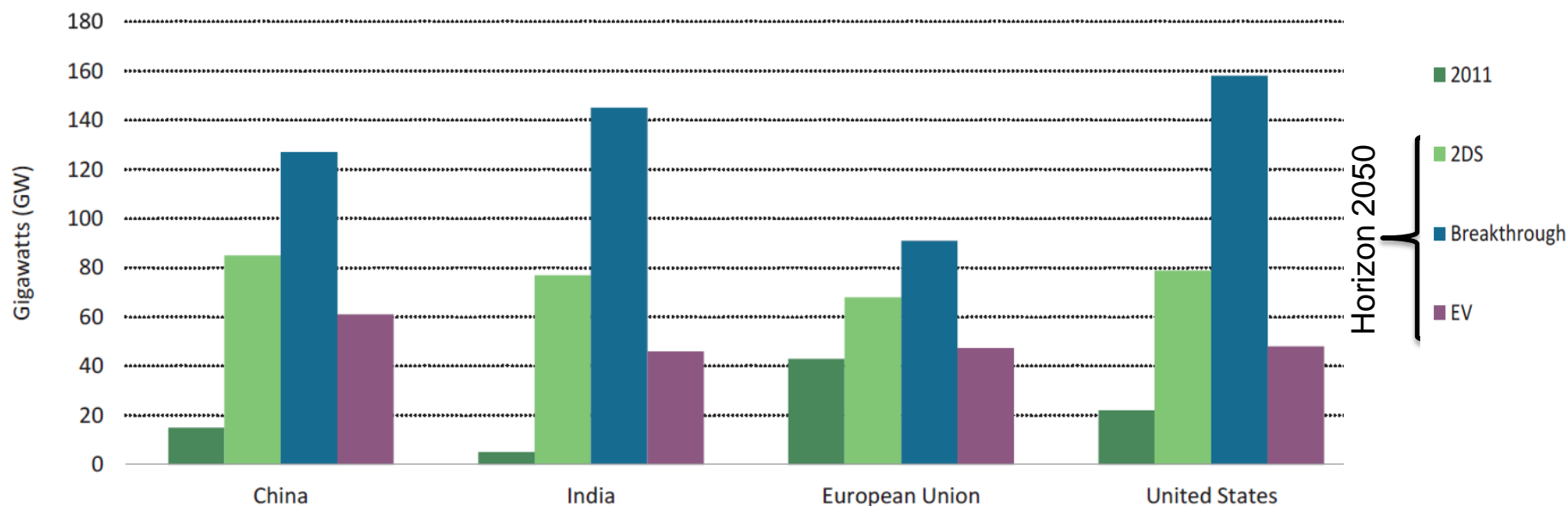
Stockage décentralisé



- Un intérêt si production PV locale à optimiser
- Reste couteux => 500€/kWh pour Powerwall hors électronique de puissance
- Connexion au réseau toujours indispensable sauf à installer quelques centaines de kWh de batteries chez soi (compter 170 k\$ pour rendre 1 maison autonome 3 jours)
- La mutualisation sera logiquement toujours plus intéressante économiquement.

Un besoin de stockage massif confirmé par
plusieurs études

Plusieurs dizaines de GW même avec une forte pénétration du VE

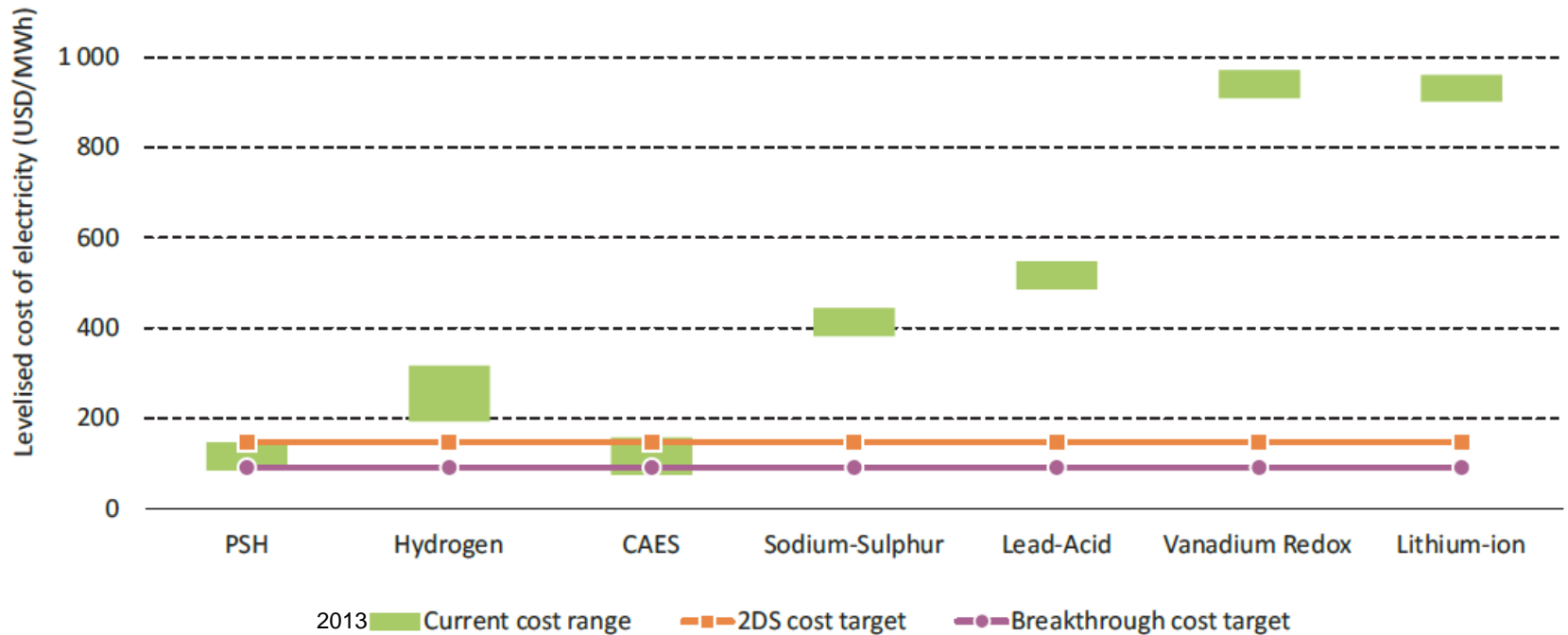


2DS: scénario visant à limiter à 2°C l'augmentation de température moyenne du globe

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

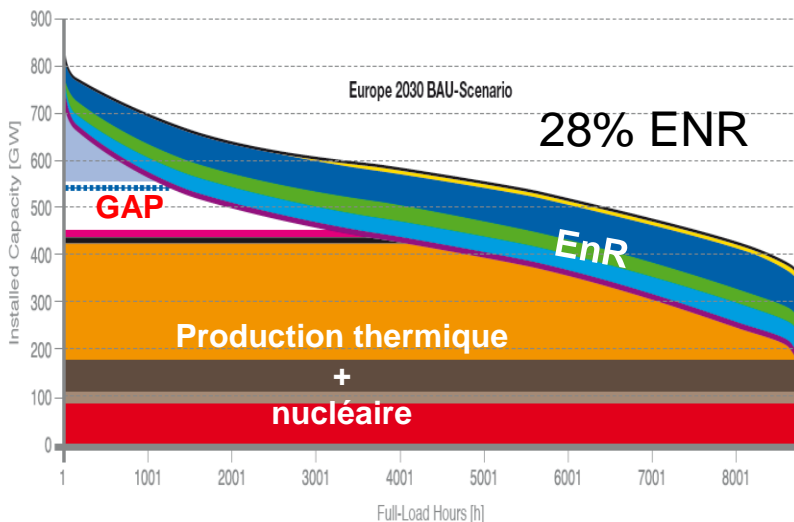
Un besoin confirmé par des études Européennes et françaises à l'horizon 2030



Europe : stoRE project (28 % EnR)

Hypothèses :

- 9 marchés régionaux
- Chaque région = plaque de cuivre = pas de contraintes réseaux



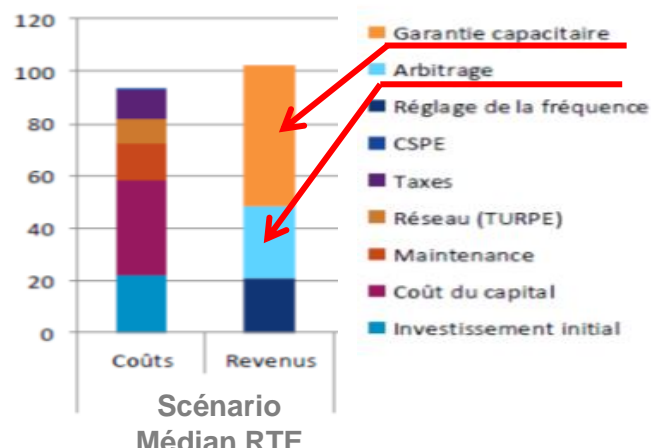
Résultats

Sans contraintes de réseaux, il manque près de **100GW de backup pour plus de 1000hr/an**

France : Etude PEPS (ADEME, ATEE)

Hypothèses :

- France = plaque de cuivre = pas de contraintes réseaux
- Garantie capacitaire rémunérée à 60k€/MW/an
- Stockage STEP 800MW / 24hr



Résultats

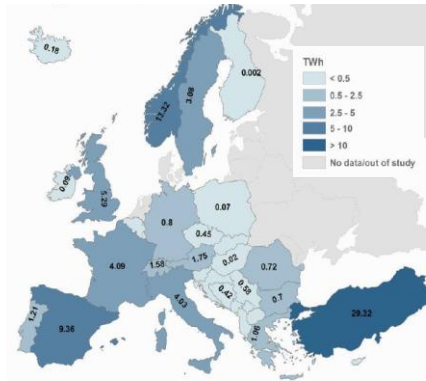
- Gisement de 1 à 1,5 GW d'ici 2030
- Intérêt de stockage > 20 hr
- Intérêt pour arbitrage et garantie capacitaire

Même en absence de contraintes réseaux, le besoin de stockage massif est confirmé.

Pour quelles technologies ?

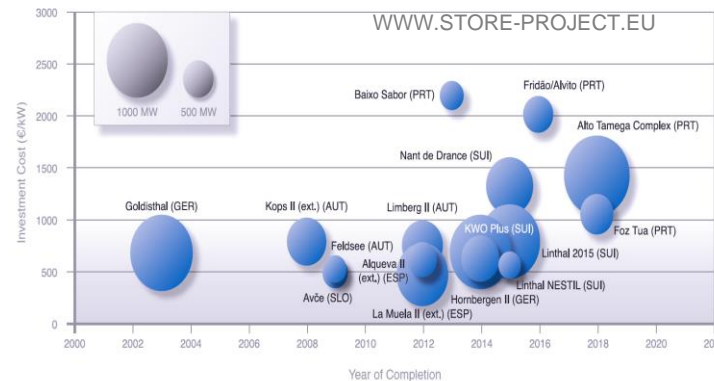
Quel futur pour les STEP en Europe ?

Potentiel



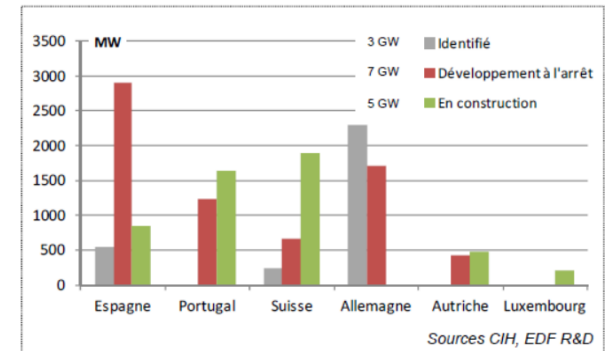
- De 8 à 50 TWh en Europe
- 0,3 à 4TWh en France [1]

Capex (€/kWh)



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

Réalisations



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

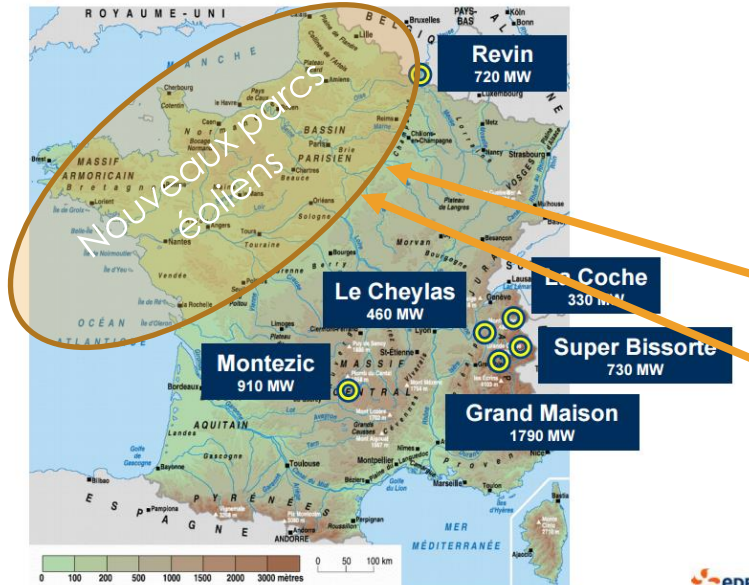
Un potentiel important, mais une progression des coûts et un déploiement incertain

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)

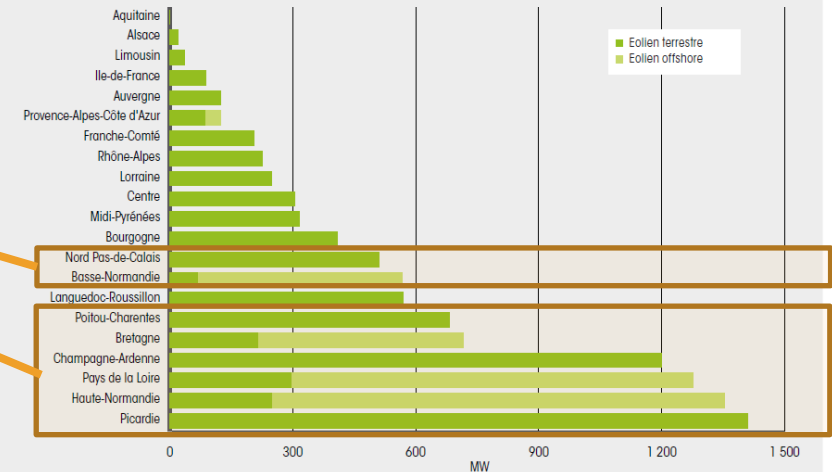
Quel futur pour les STEP en France ?

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 ?

Quel futur pour les CAES en Europe ?

- L'Europe présente des zones comportant potentiellement des cavités salines adaptées pour les CAES.
- 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.

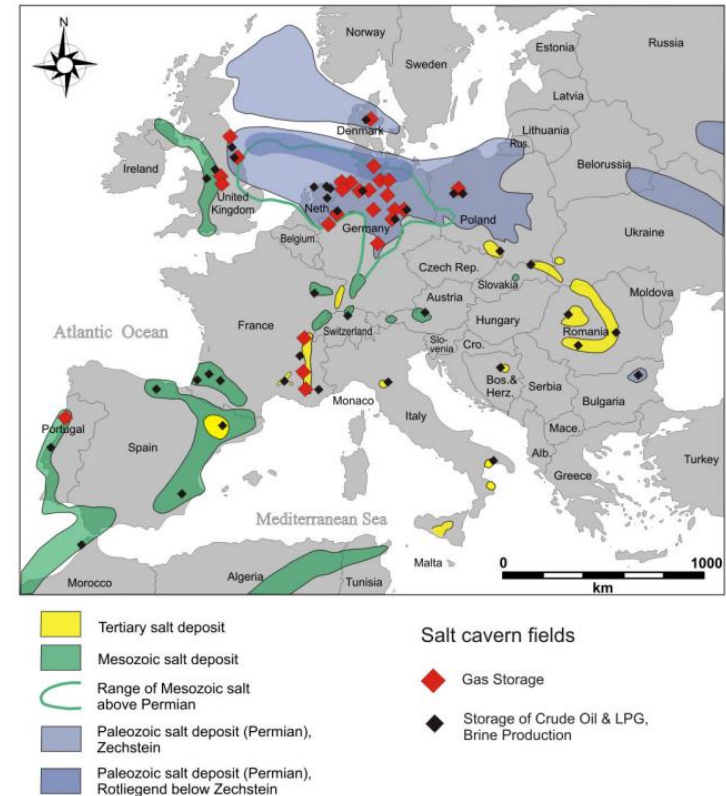


Figure 4: Underground salt deposits and cavern fields in Europe (modified from GILLHAUS et al., 2006; HORVATH & GILLHAUS, submitted).

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/>