

ENJEUX DES FLEXIBILITÉS POUR L'INSERTION DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LE SYSTEME ÉLECTRIQUE EUROPÉEN

Vera Silva

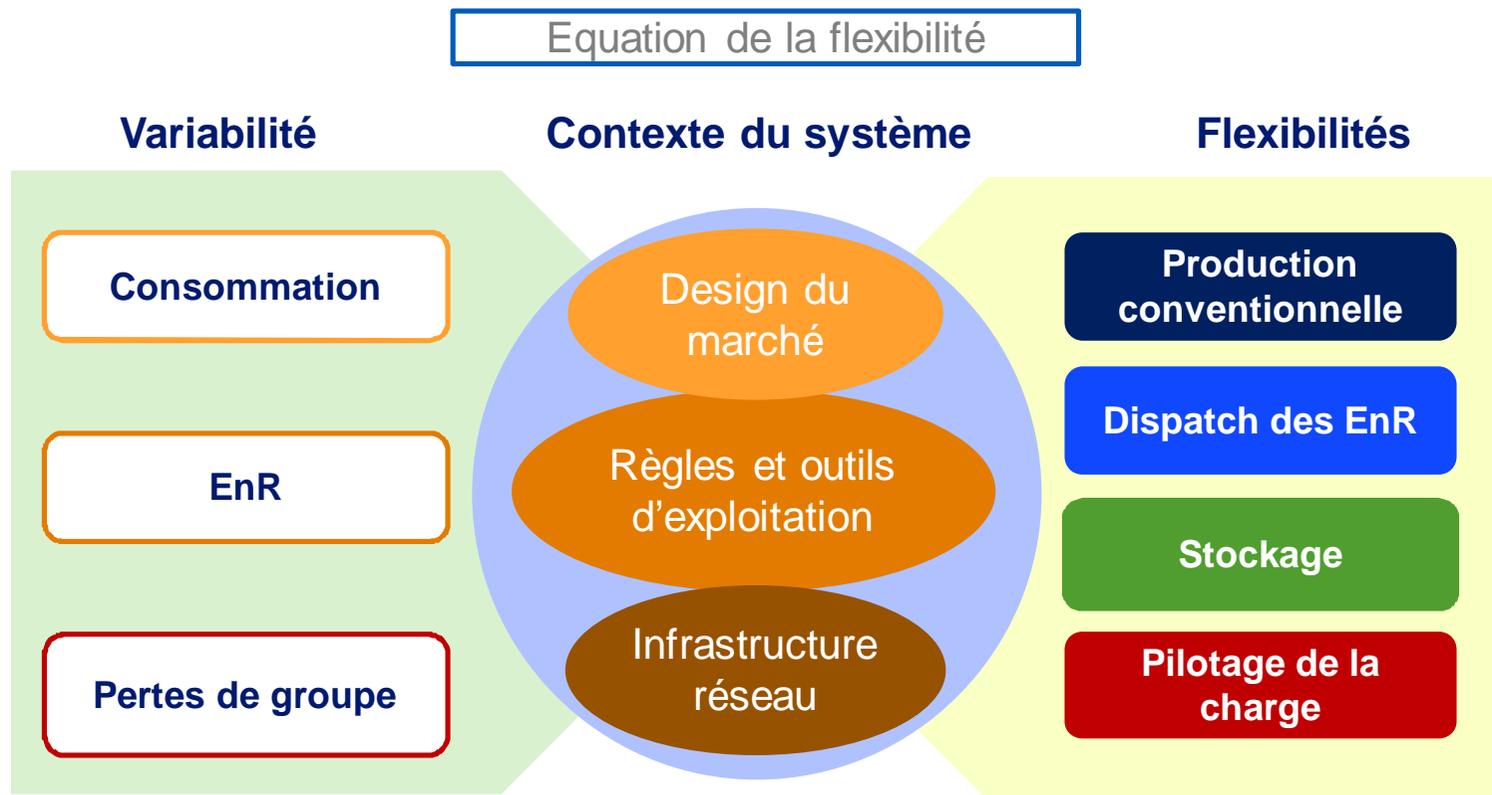
EDF R&D

La Défense, 26 novembre
2015



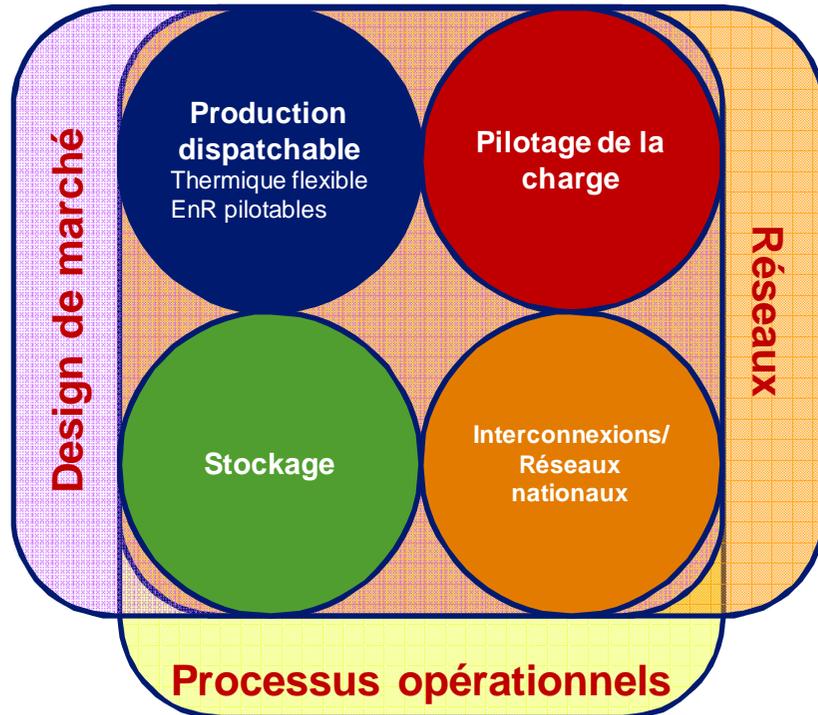
LA FLEXIBILITÉ EST UNE CARACTÉRISTIQUE INHÉRENTE AU SYSTÈME ÉLECTRIQUE

- La flexibilité est la capacité d'un système à s'adapter aux variations prévues et on prévues de l'offre et de la demande pour satisfaire l'équilibre à tout instant
 - Les ENR, par leurs caractéristiques de variabilité et imprévisibilité peuvent rendre cet équilibre de plus en plus difficile



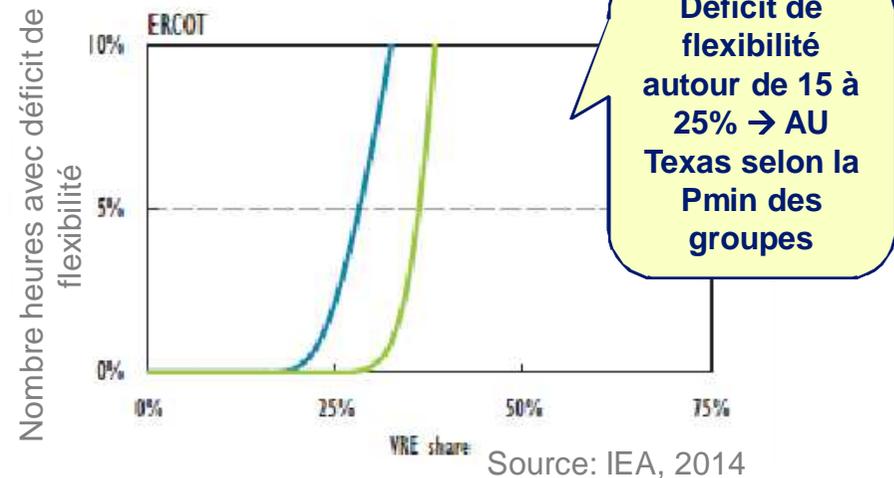
LA FLEXIBILITÉ NE BLOQUERA PAS L'INSERTION DES ENR VARIABLES A CONDITION D'ADAPTER LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Les leviers de flexibilité sont connus et maîtrisés



Les marchés, les réseaux et les processus opérationnels doivent favoriser l'accès à la flexibilité du système

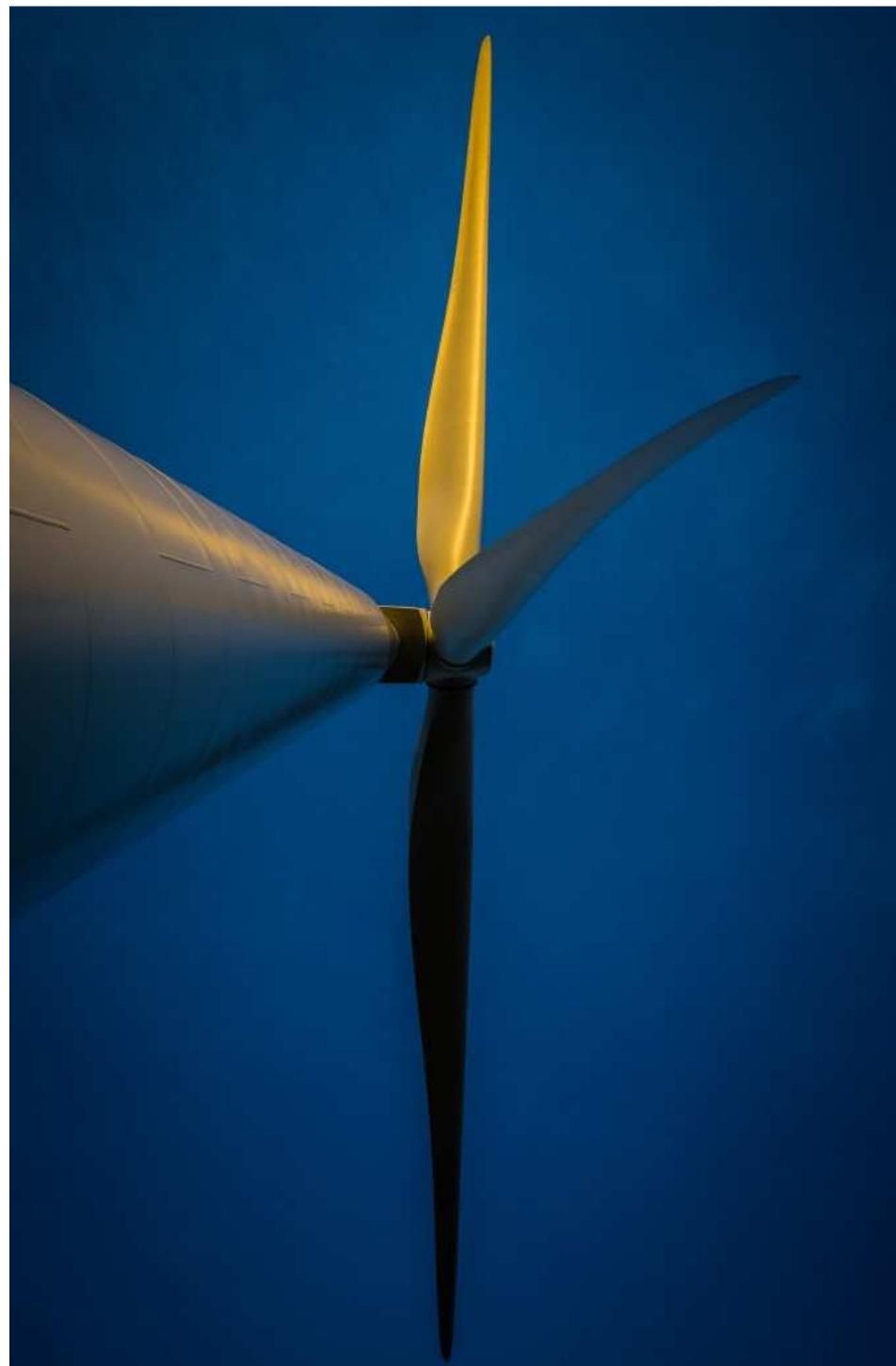
Mais une coordination entre le rythme de développement des EnR et l'adaptation des flexibilités est nécessaire pour assurer la durabilité du système



L'adaptation du parc de production, la construction des réseaux, l'adaptation des règles de marché et développement des EnR doivent évoluer dans les mêmes échèles de temps

- Mais cette adaptation aura un coût associé qui dépendra des solutions mises en place

ETUDE D'UN SYSTÈME ÉLECTRIQUE EUROPÉEN AVEC 60% ENR

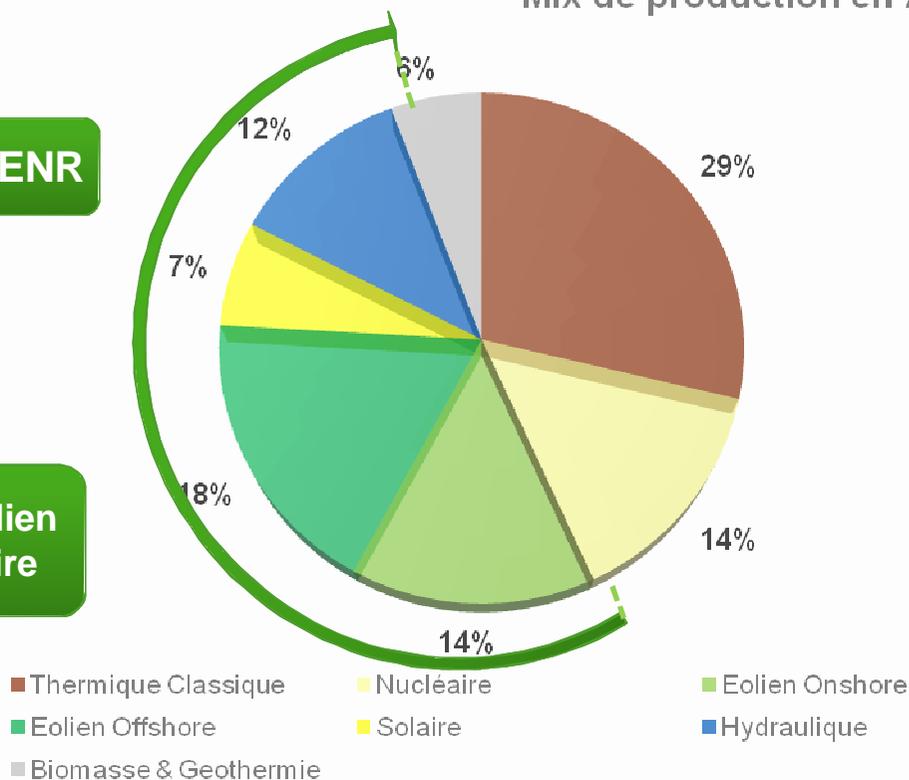


Simulation du scénario haut ENR 2030 de la feuille de route énergie de l'UE

Roadmap Energy UE
Mix de production en 2030

60 % ENR

40 % éolien
et solaire

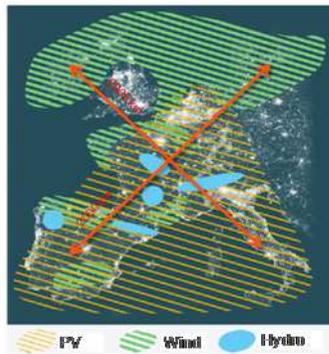


Haut ENR 2030	GW	Facteur de charge (heures/an)
Solaire (PV)	220	1100
Eolien terrestre	280	1900
Eolien Offshore	205	3200
Hydraulique	120	3800

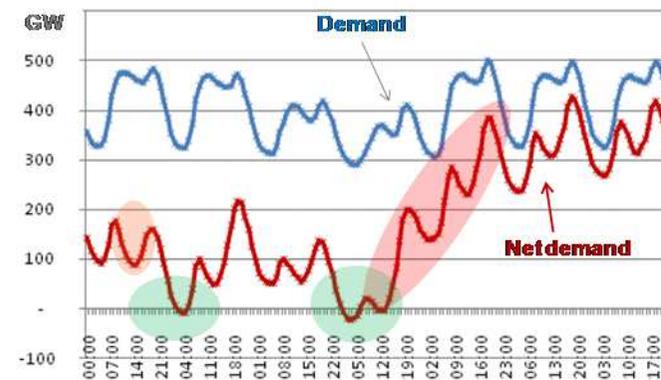
Combustible	Prix
Charbon	86 €/t
Gaz naturel	10 €/MMBtu
fioul	107 €/baril
CO ₂	35 €/t

Sur quoi porte l'étude ?

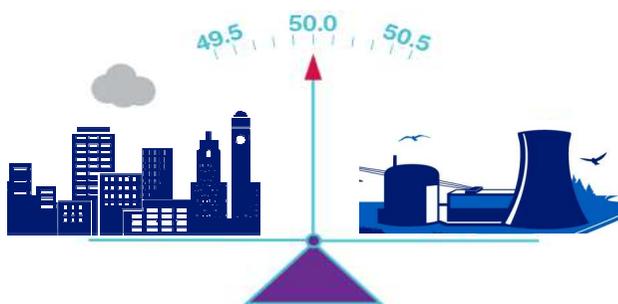
Connecter les ENR et la demande



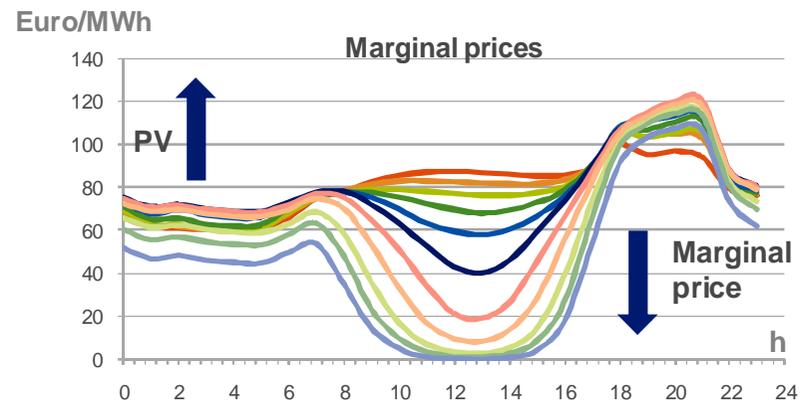
Flexibilité pour gérer la variabilité



Maintenir la lumière allumée



Equilibrer les coûts



La bonne nouvelle est ...



Il n'y a pas de marché émergent pour les bougies !

Ceci dit ...

Intégrer une large proportion d'ENR nécessite un développement coordonné des ENR et des réseaux

Le foisonnement géographique lisse l'intermittence de la production ENR, mais il demeure une forte variabilité de la production à l'échelle Européenne

Les ENR variable devront contribuer à aux services ancillaires en complément des moyens conventionnels.



Les ENR variables devront potentiellement fournir de nouveaux services de réglage de fréquence rapide (inertie synthétique)

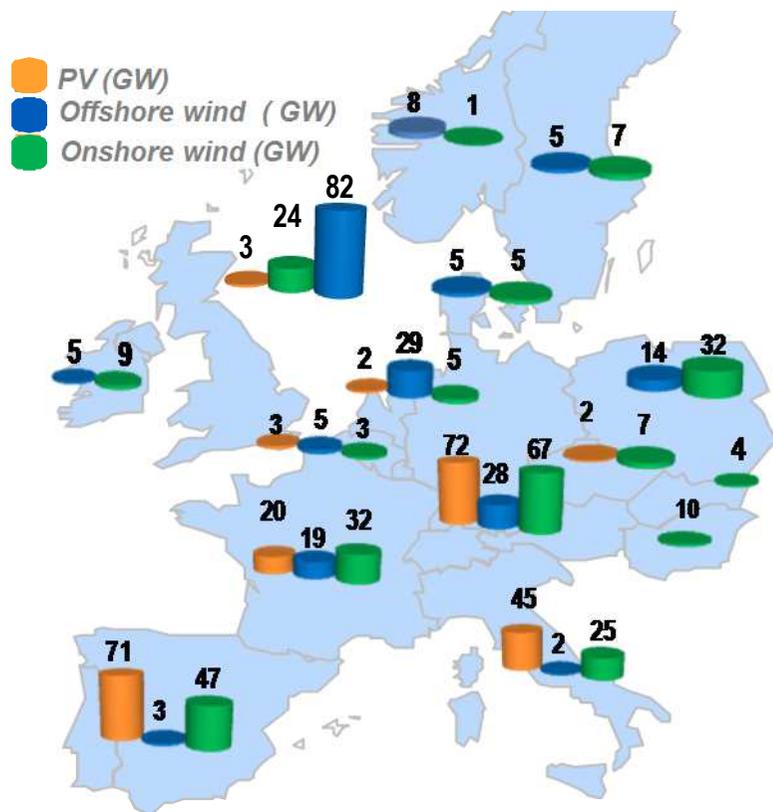
Le stockage et la demande active pourrons dans une certaine mesure contribuer à l'équilibrage du système en complément des moyens de production

Les centrales conventionnelles demeurent nécessaires pour la sécurité de fourniture tout en permettant un haut niveau de décarbonation

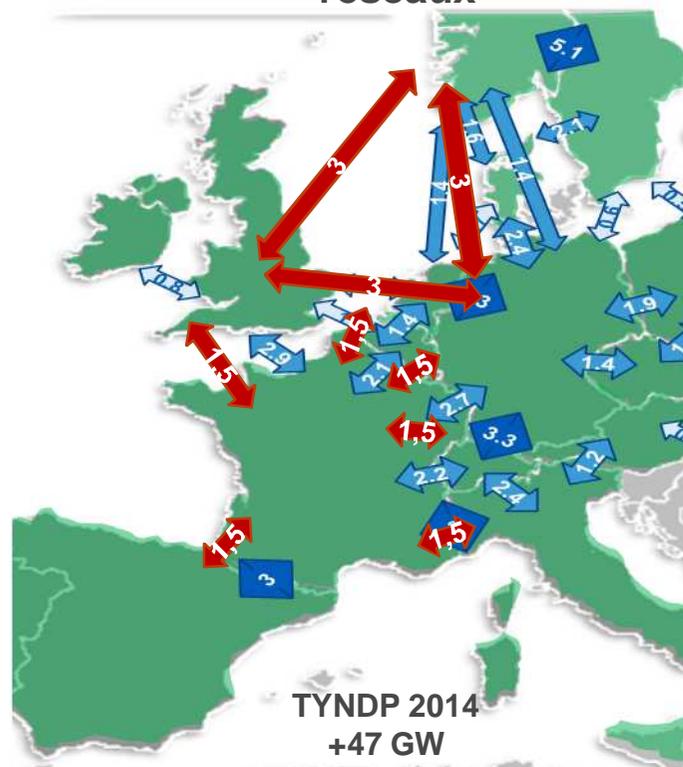
Le rythme de déploiement des ENR variables doit être optimisé afin de limiter le coût du stockage et un écrêtement excessif de la production ENR

Intégrer une large proportion d'ENR variables requiert un développement coordonné des ENR et des réseaux

Répartition géographique des ENR

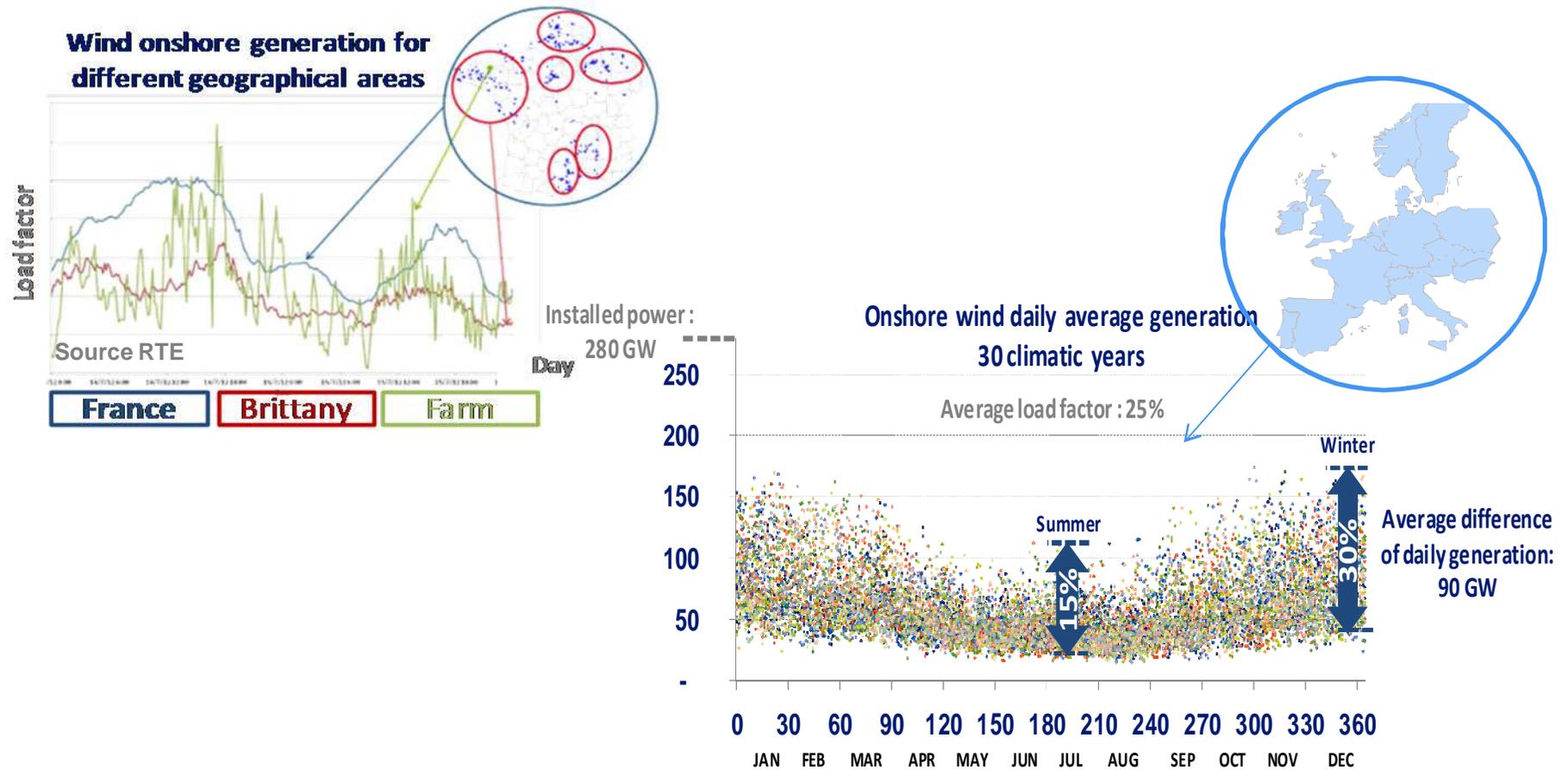


Scénario de développement des réseaux



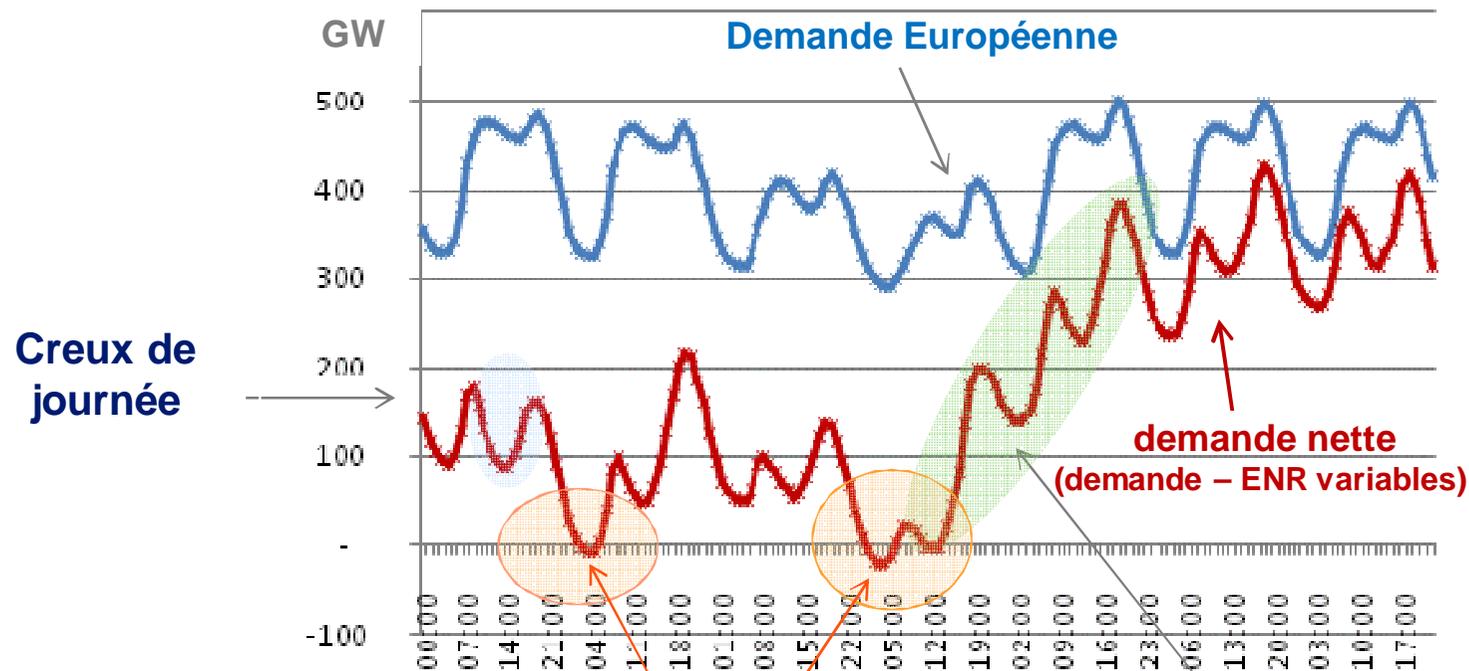
- ↔ Renforcement des Interconnexions (GW) similaire au TYNDP 2014
- ↔ Renforcement des Interconnexions TYNDP 2010 (GW)

La diversité géographique est favorable, mais il demeure une forte variabilité de la production éolienne à l'échelle européenne



Les réseaux permettent de bénéficier du foisonnement géographique naturel de la production ENR variable pour lisser l'intermittence, mais la corrélation des régimes de vent au niveau européen se traduit par une forte variabilité résiduelle

Les ENR variables devront contribuer aux services système et à l'équilibre offre-demande au côté des moyens conventionnels

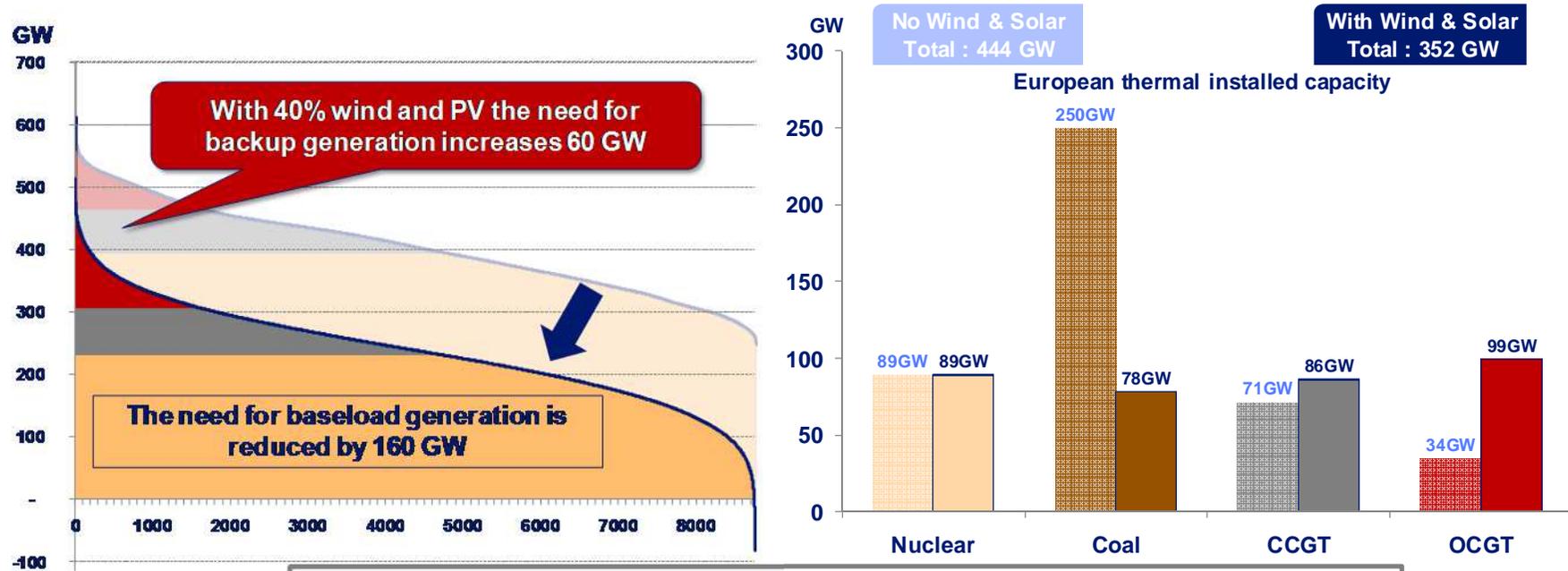


Penetration ENR fatale > 100 %

Les ENR variables doivent contribuer à l'ajustement à la baisse et aux services auxiliaires

400 GW de rampe entre Dimanche et Lundi

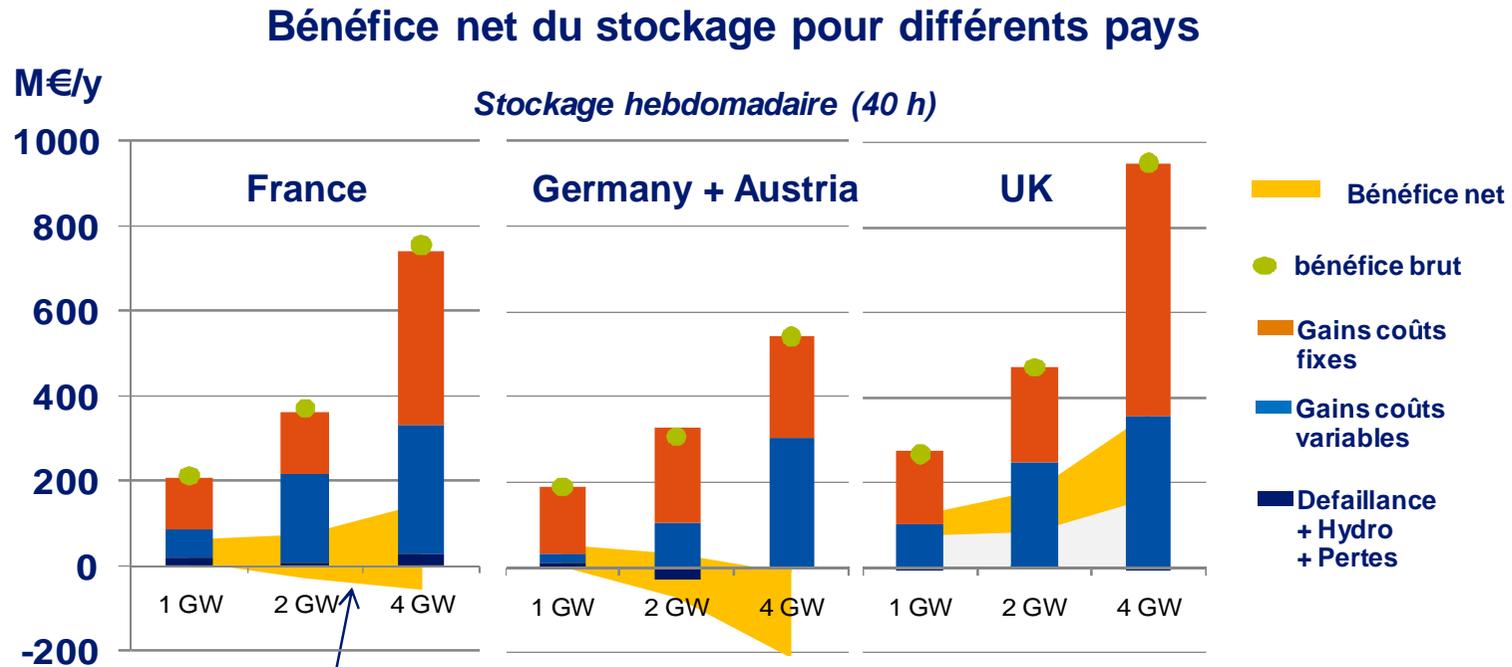
Le système a besoin de capacités de back-up pour la sécurité de la fourniture



Contenu CO₂ moyen avec 60% ENR = 125 g CO₂ /kWh
 Contenu CO₂ moyen en substituant du gaz au charbon = 73 g CO₂ /kWh
 (Contenu CO₂ moyen actuel = 350 g CO₂/kWh)

Un haut niveau de décarbonation est atteint avec une proportion significative de production en base décarbonée, en particulier nucléaire

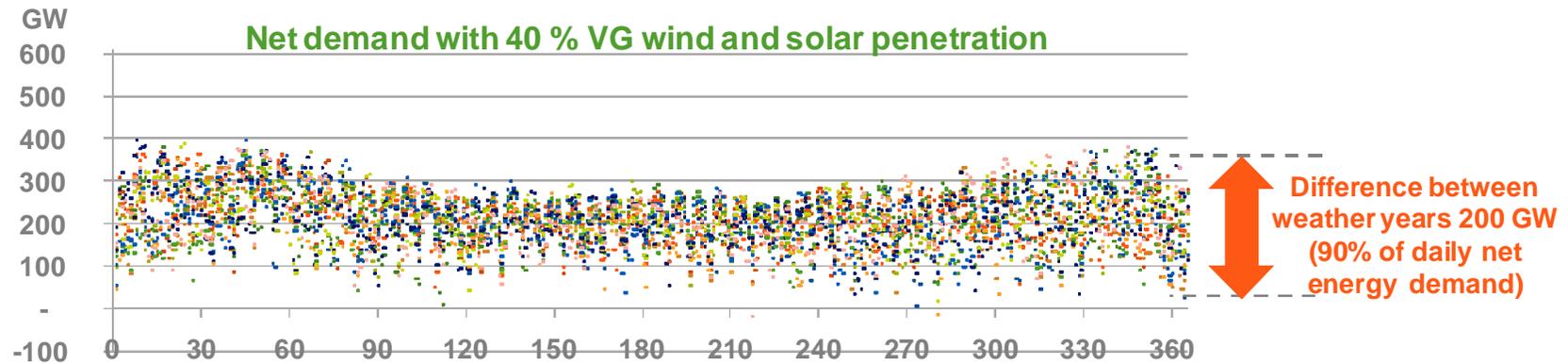
Le stockage et la demande active peuvent dans une certaine mesure suppléer la production pour l'équilibrage du système



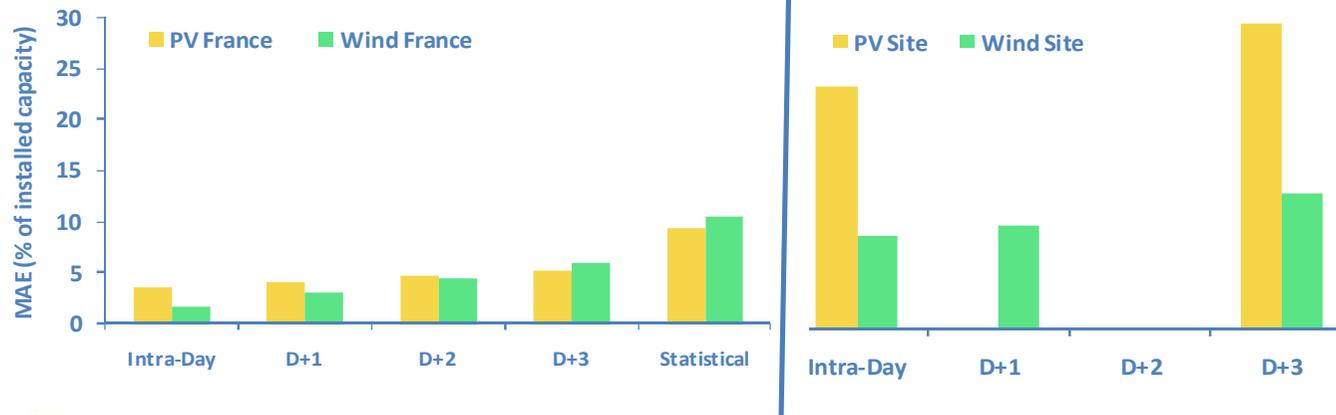
Bénéfice net : intervalle fonction du coût du stockage et de la capacité installée

Le stockage et la demande flexible contribuent aux besoins de flexibilité nécessaire à l'équilibrage du système, mais ne peuvent se substituer aux moyens de production pour la fourniture du back-up

Une exposition de l'équilibre offre-demande aux aléas climatiques fortement accrue

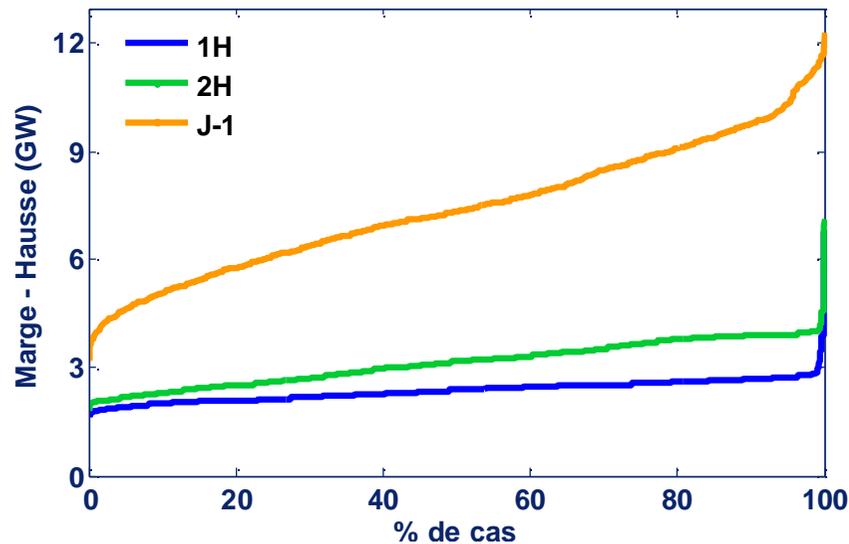


Un enjeu très important sur l'observabilité et la prévision pour diminuer les besoins de marge et dans la gestion de l'équilibre offre demande à l'horizon journalier

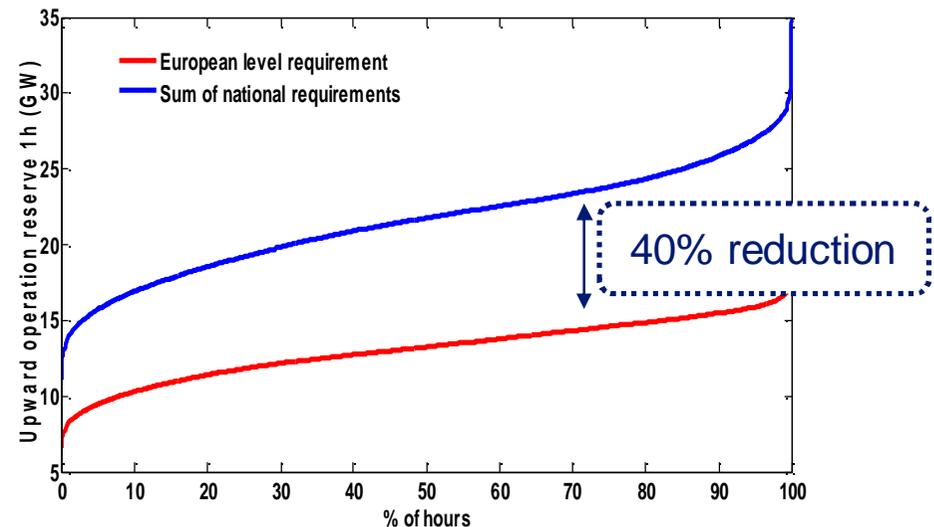


L'erreur de prévision moyenne est 2 à 3 fois plus élevée à l'échelle d'un site qu'à l'échelle d'un pays

La prévision ENR à court terme permet de limiter l'augmentation des besoins de marges opérationnelles

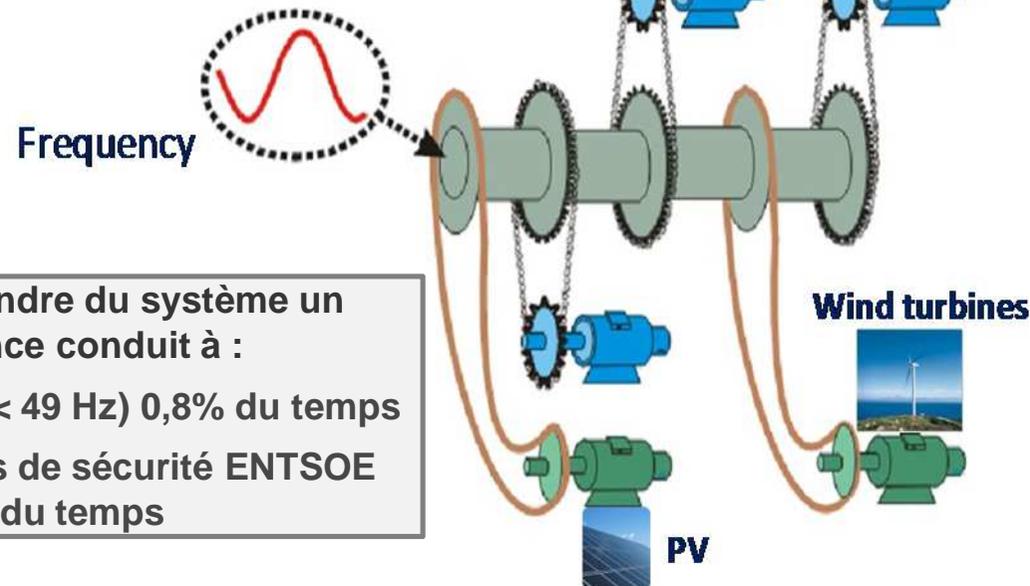


La gestion des marges devra s'appuyer sur des prévisions EnR variables en infra journalier.



La mutualisation des marges permettra de réduire le volume requis à la maille de l'Europe. Pour ce faire une importante capacité d'interconnexion et une entité capable de calculer le besoin de marges sur la maille Europe seront nécessaires

Les ENR variables devront potentiellement fournir de nouveaux services de réglage de fréquence rapide



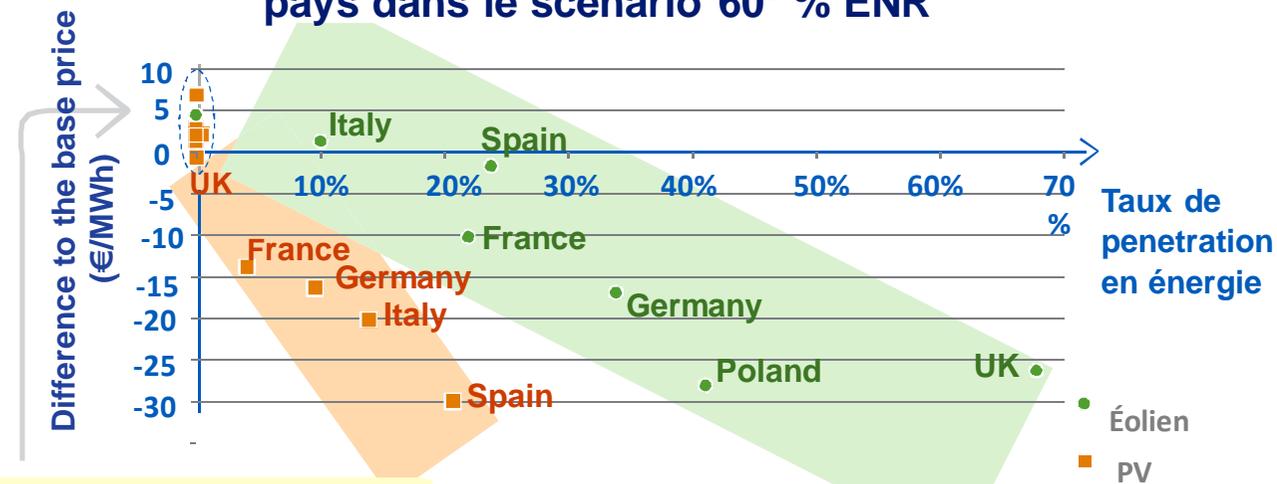
Du fait d'une inertie moindre du système un incident de référence conduit à :

- Un risque de délestage ($f < 49$ Hz) 0,8% du temps
- Une violation des limites de sécurité ENTSOE (49,2 Hz) 25% du temps

L'écèlement préventif des ENR, afin d'éviter des problèmes de stabilité pendant des périodes critiques, ne peut être limité que si les ENR variables ont la capacité technique de fournir un service de réglage de fréquence rapide (inertie synthétique)

Le rythme de déploiement des ENR variables doit être optimisé afin de limiter le coût du stockage et un écrêtement excessif de la production ENR

Valeur de marché des ENR comparée au prix du ruban par pays dans le scénario 60° % ENR



Avec ~0% ENR, le premier MW ENR a une valeur proche du prix du ruban

La valeur de marché des ENR variables décroît avec leur niveau de pénétration dans le système, le phénomène est plus prononcé pour le PV

Merci !

Questions ?

Vera.silva@edf.fr

Miguel.lopez-botet-zulueta@edf.fr



*Research and Development Division
17 June 2015*

Rapport disponible dans :

<http://chercheurs.edf.com/fichiers/fckeditor/Commun/Innovation/departements/SummarystudyRES.pdf>