

8^{ème} Journée I-tésé
Où en sommes –nous 6 mois après l'accord de Paris (COP 21) ?

DE LA RECHERCHE À L'INDUSTRIE

cea



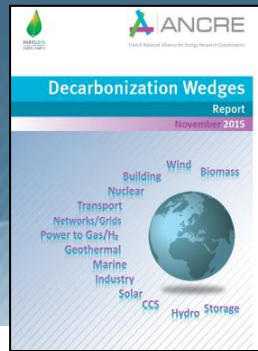
INTERVENTION DE

GILLES MATHONNIÈRE

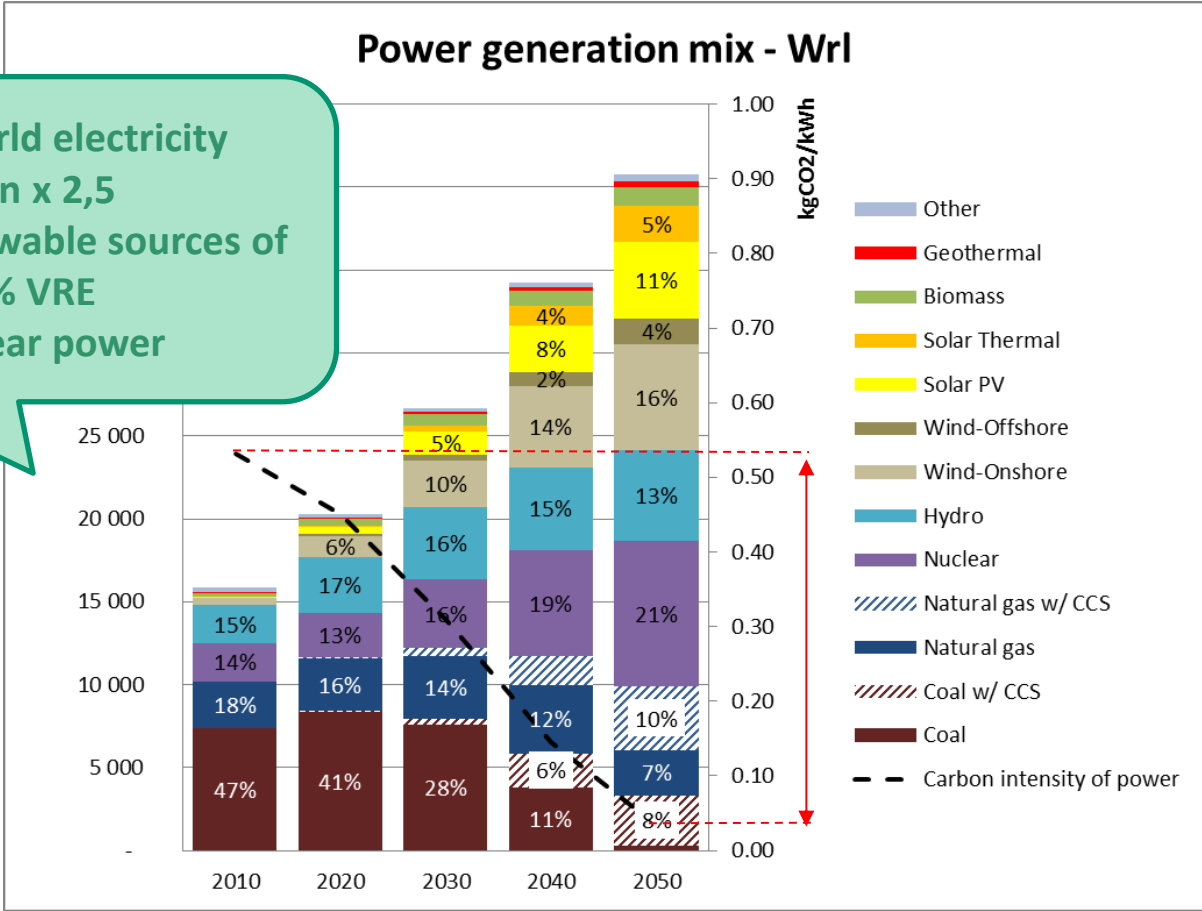
CEA/DAS/I-tésé

**«L'ÉVOLUTION DES SYSTÈMES
ELECTRIQUES »**

www.cea.fr



2050: World electricity production x 2,5
55% renewable sources of which 36% VRE
21% nuclear power

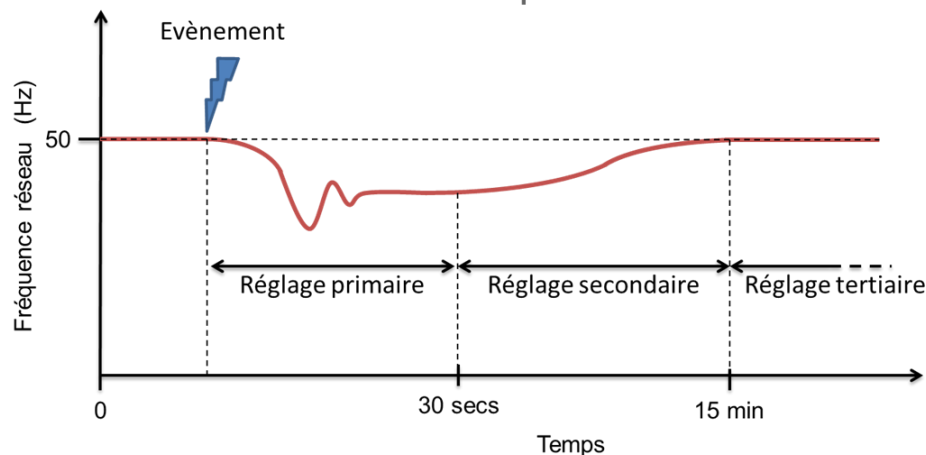


■ Facture d'électricité à trois composantes : production, réseau, taxes

■ Réseau adapté aux moyens de production et de consommation

- Historique d'intégration : îlots locaux, nationaux, internationaux
- Des points de productions limités et des points de consommation nombreux
- Son adaptation est au cœur de la transition électrique

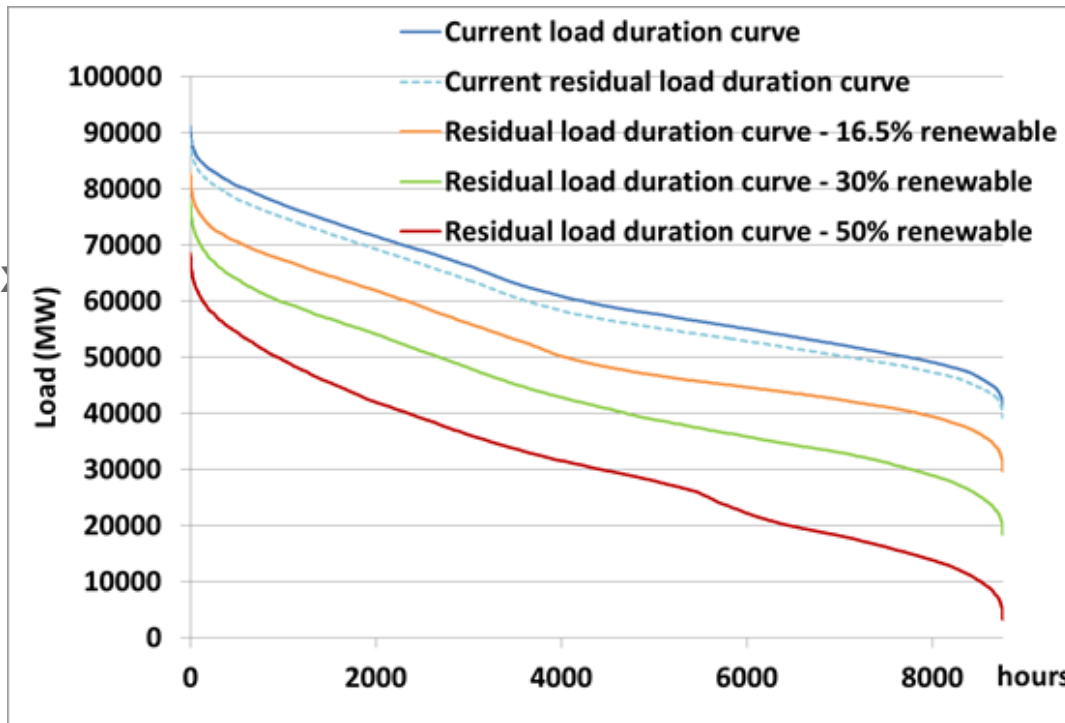
■ Equilibre offre/demande



■ Qualité de l'électricité

- Durée des coupures, qualité du signal de tension (valeur, fréquence)
- Bonne qualité en France avec des disparités entre zones urbaine et campagne ; l'étude ADEME (Artelys) a conclu qu'il permettait un accroissement des EnR.
- Rapport quadriennal sur l'énergie du DOE : vieillissant, fragilisé par les EnR le réseau électrique américain doit de toute urgence faire l'objet d'investissements massifs

■ Residual load duration curves =
demand – variable renewable production

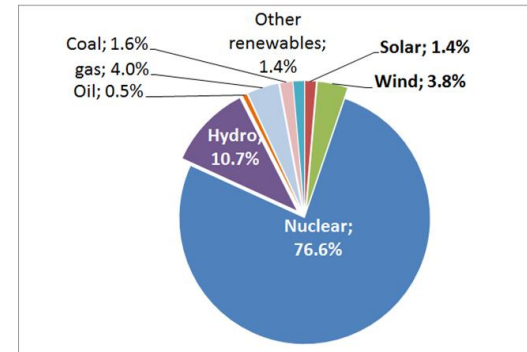


C. Cany and al. Energy Policy 195 (2016)

Today mean value: 1/reactor/year



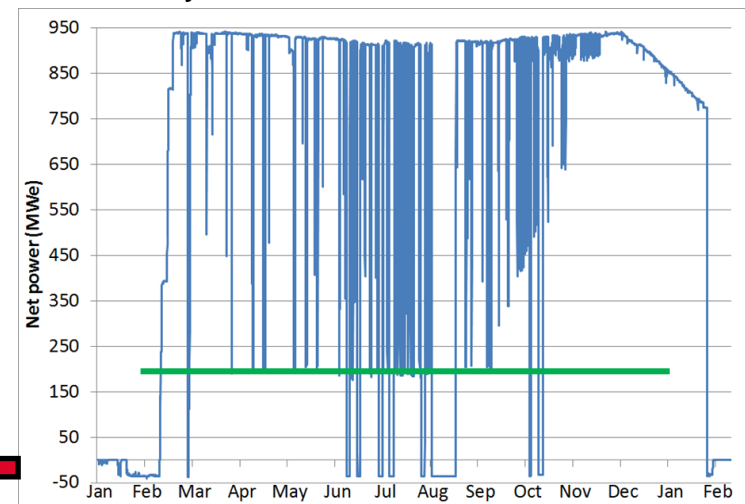
Total power production:
540 TWh



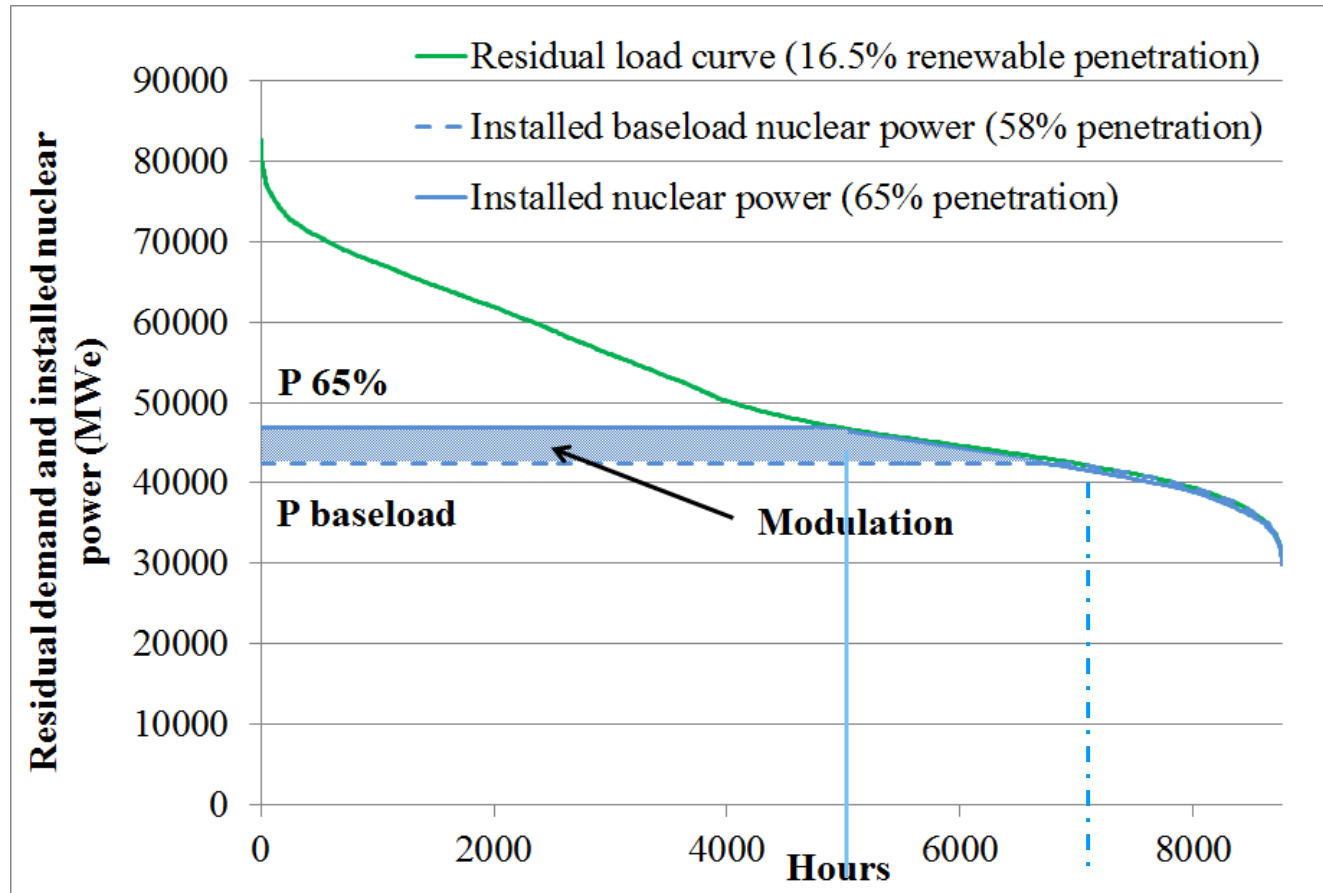
French power production (%)

Source: RTE, 2015

Blayais 2 Jan 2014 to Feb 2015



■ Assessment of nuclear modulation capacity and economic consequences

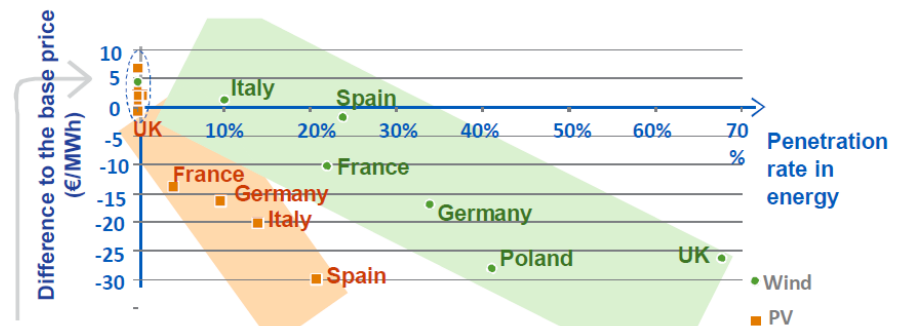


Nuclear operation: 7000h/yr → ~5000h/yr

■ Les moyens de gérer la variabilité

- Effet de foisonnement : augmentation des lignes et renforcement des interconnexions avec les pays voisins
- Gestion de la demande : effacement des industriels ou des particuliers (Linky, chauffe-eau électrique)
- Stockage de l'électricité STEP et ?
- Ecrêtage de la production des EnR
- Autoconsommation
- Plafond de la part des EnR variables
- Back-up carboné ?

VRE value in comparison to base price per country



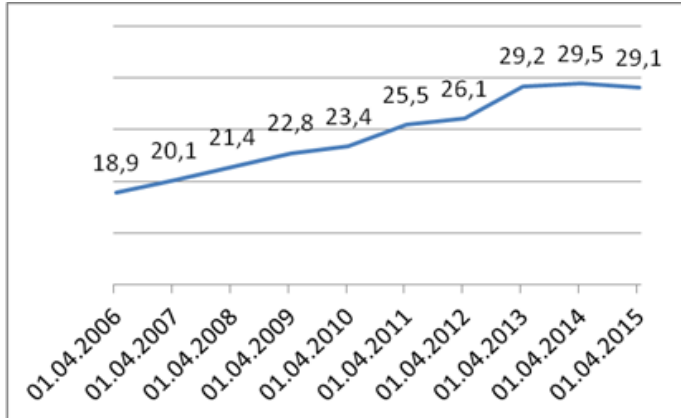
With ~0% RES, the first MWs of RES have a value close to the base price

The system value of variable RES will decrease as their penetration levels increases and this is more pronounced for PV

Etude EDF : Economic and technical analysis of the European system with a high RES scenario

- LCOE largement utilisée pour les comparaisons de différents moyens de production (Charbon, gaz, nucléaire, ...)
- Ne s'applique plus lorsque l'on compare des moyens programmables et variables : il faut travailler sur l'ensemble du parc électrique plus le réseau
- → Aller vers une approche LCOE + coûts de système

France												
Technology	Nuclear		Coal		Gas		Onshore wind		Offshore wind		Solar	
Penetration level	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%	10%	30%
Back-up costs (adequacy)	0.00	0.00	0.08	0.08	0.00	0.00	8.14	8.67	8.14	8.67	19.40	19.81
Balancing costs	0.28	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	1.90	5.01	1.90	5.01	1.90	5.01
Grid connection	1.78	1.78	0.93	0.93	0.54	0.54	6.93	6.93	18.64	18.64	15.97	15.97
Grid reinforcement and extension	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.50	3.50	2.15	2.15	5.77	5.77
Total grid-level system costs	2.07	2.05	1.01	1.01	0.54	0.54	20.47	24.10	30.83	34.47	43.03	46.55



Evolution du prix de l'électricité en cts/kWh d'un ménage allemand avec une consommation annuelle de 3 500 kWh, *rapport sur l'évolution des marchés de l'électricité et du gaz (2015)*

- Un équivalent CSPE (EEG) en forte hausse
- Des tarifs très différents entre industriels et particuliers pour sauvegarder la compétitivité économique de l'industrie
- Une précarité énergétique qui augmente
- Un réseau qui se développe avec retard
- La construction de nouvelles centrales au charbon
- Des engagements sur le CO2 qui ne seront pas tenus

- Destruction de valeur pour les grands électriciens européens
- Prix de l'électricité peuvent devenir négatifs
- Marché européen de l'électricité à reconstruire

L'Allemagne a été trop vite et sa transition est basée sur des considérations politiques qui ont primé sur l'analyse économique et environnementale

- **Vision court terme alors qu'il faut une stratégie de long terme**
 - Réglementations nationales et européennes non stables pour des investissements de long terme.
 - Des outils pour donner de la stabilité : Strike price
- **Le découplage entre moyens de production et réseau n'existe plus**
 - LCOE et coût marginal ne sont plus des indicateurs suffisants
- **Complexité croissante**
 - Marché du carbone
 - Marché de services (capacités, flexibilité)
 - Taxation et coût de l'électricité
 - Optimiser l'ensemble moyens de production + réseau + interconnexion
 - Couplage du marché de l'électricité avec d'autres marchés (chaleur, H2, gaz)
- **Moyens de simulation ?**
- **Qui est le garant de l'intérêt général ?**

- **La transition électrique dépendra du pays** (état initial des moyens de production et du réseau, situation géographique vent, soleil, hydraulique, environnement industriel, etc...)
- **Elle doit permettre des progrès à la fois environnementaux, économiques** (précarité et compétitivité économique) **et de sécurité énergétique**
- **Les ENR variables constituent une nouvelle offre décarbonée, mais rendent la situation plus complexe.** Cette complexité s'accroît avec leur taux de pénétration.
- Evolution pragmatique / révolution idéologique ; le réseau et le parc de production doivent évoluer **de manière cohérente**
- **La transition énergétique doit se préparer avec de la R&D** (flexibilité, stockage, moyens de production et diminution des coûts, couplages de réseaux) **y compris dans le domaine économique où des outils de simulation adaptés sont à développer.**
- **Seule une stratégie de long terme** pourra réunir les financements nécessaires et mobiliser efficacement les tissus industriels
- En Europe l'urgence est moins la transition électrique que **la baisse des prix du marché de gros.**
- **L'intérêt général et la gouvernance Etat/marché sont des questions centrales**

MERCI POUR VOTRE ATTENTION