Réseau de transport d'électricité



smart grid

Apports du réseau de transport pour le système électrique français d'aujourd'hui et de demain

Direction Recherche et Innovation
Département Expertise Système
BENA Michel
BETRAOUI Brahim

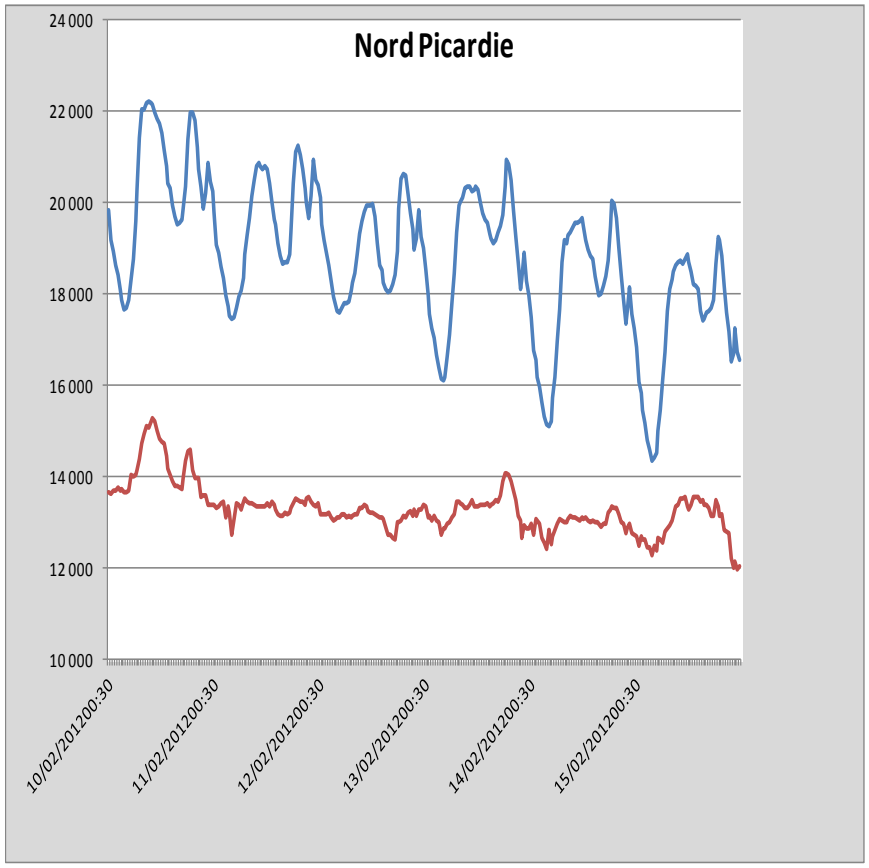
Quelques exemples de comportement de la consommation et de la production

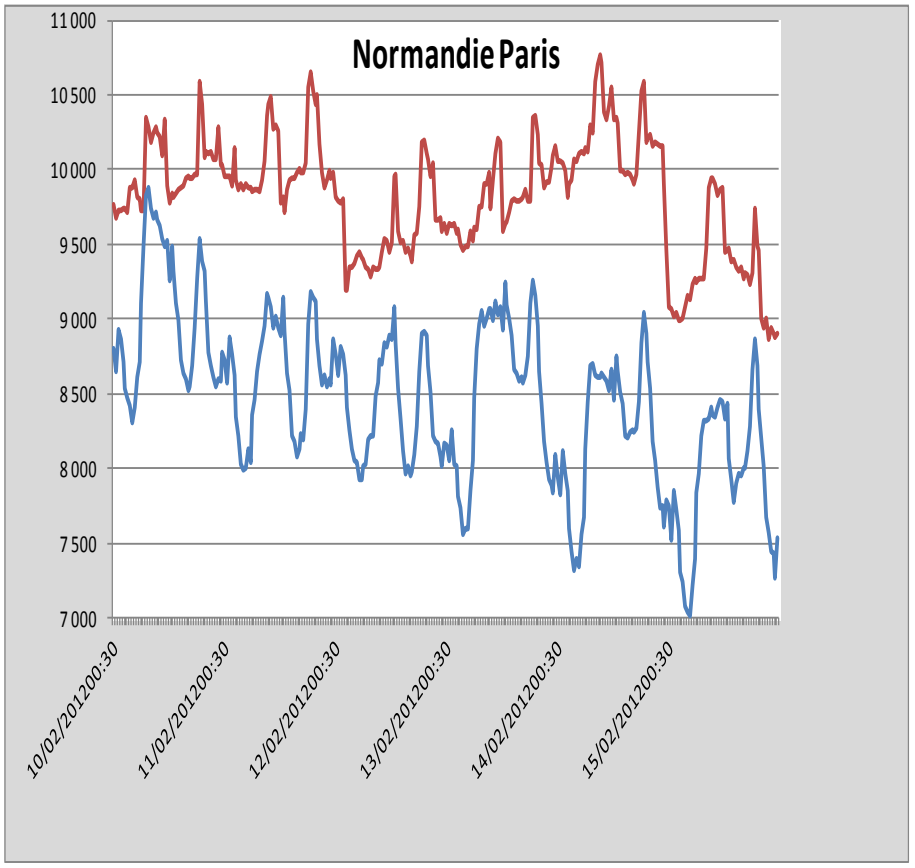
Réseau de transport d'électricité

Illustration du rôle du réseau de transport en France

Consommation et production de 2 zones françaises

Exemple : données horaires en puissance (MW) lors de la vague de froid de février 2012





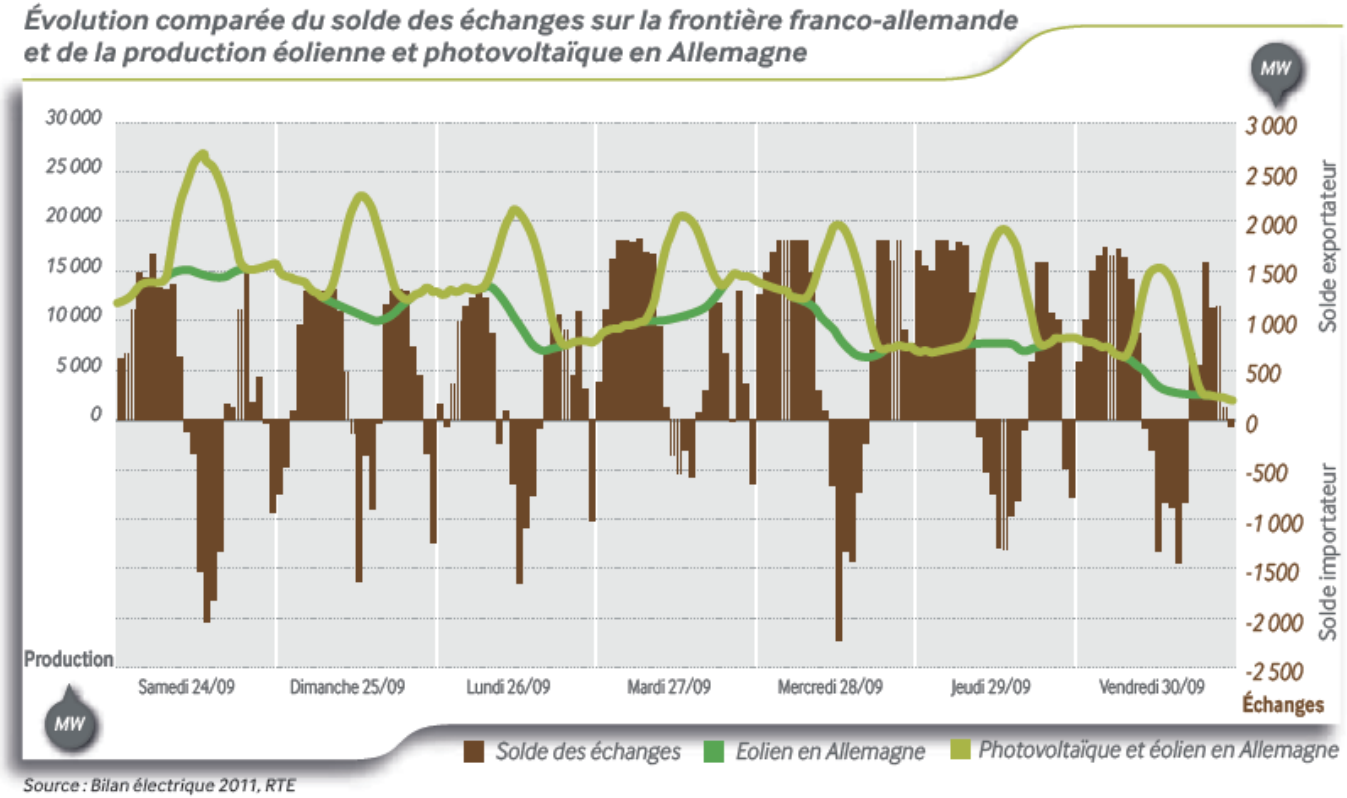
consommation production

Réseau de transport d'électricité

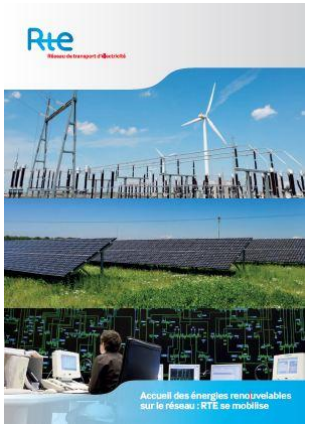
Quelques exemples de foisonnement et de mutualisation des ENR sur le réseau de transport…

Illustration du rôle du réseau de transport européen

Sensibilité des échanges France-Allemagne à la production d'électricité renouvelable en Allemagne lors d'une semaine type de septembre 2011 :



Source : Bilan électrique 2011, RTE



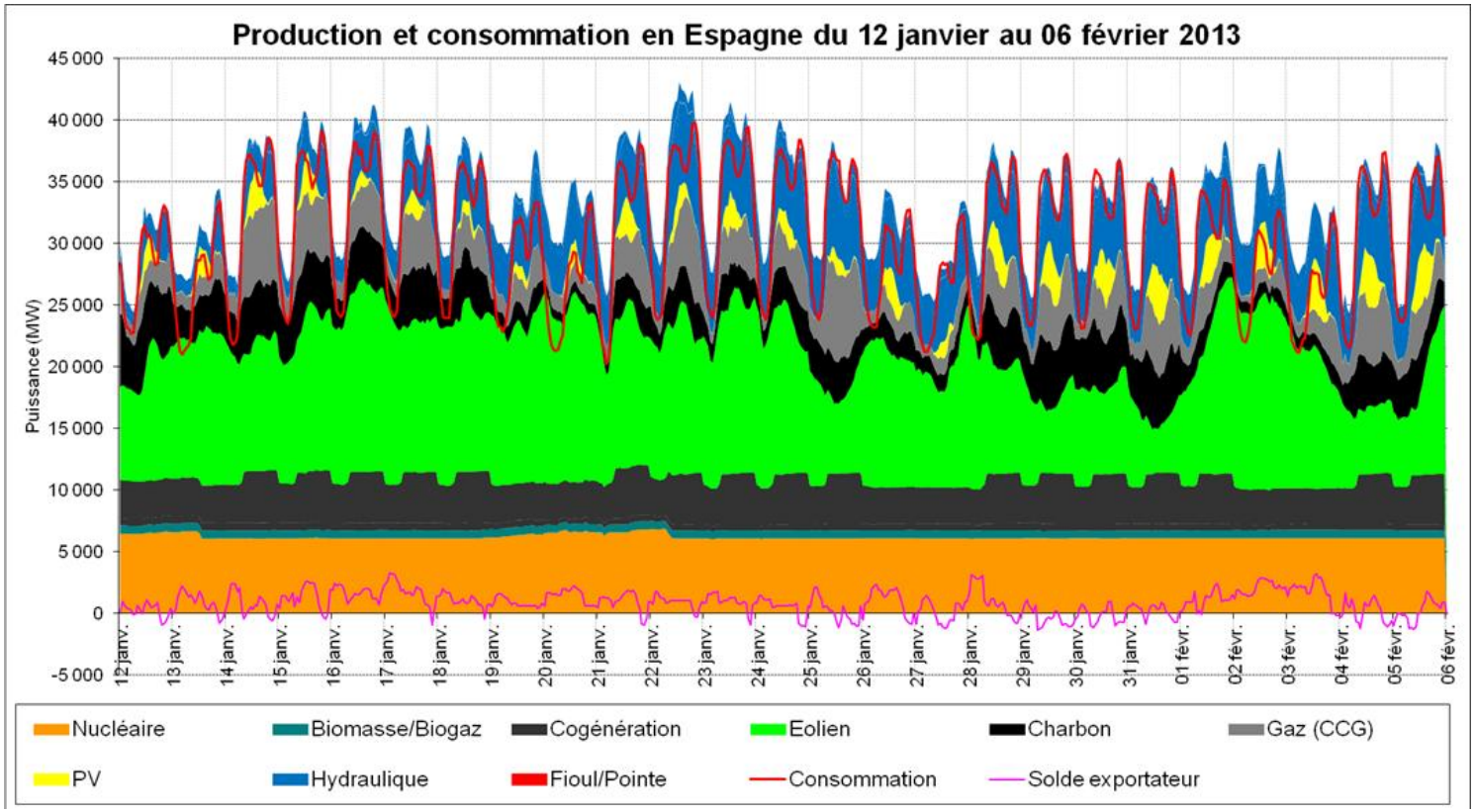
Le besoin de renforcement des interconnexions entre pays est accru avec l'évolution du mix électrique intégrant une plus grande composante d'énergie intermittente.

Cf. document sur le site web de RTE *Accueil des énergies renouvelables sur le réseau : RTE se mobilise*

Rte
Réseau de transport d'électricité

Illustration du rôle du réseau de transport européen

Equilibre offre demande en Espagne en janvier–février 2013 : 3 semaines et demi non stop de conditions météo très ventées en Espagne



un phénomène qui montre l'utilité des interconnexions avec les énergies intermittentes

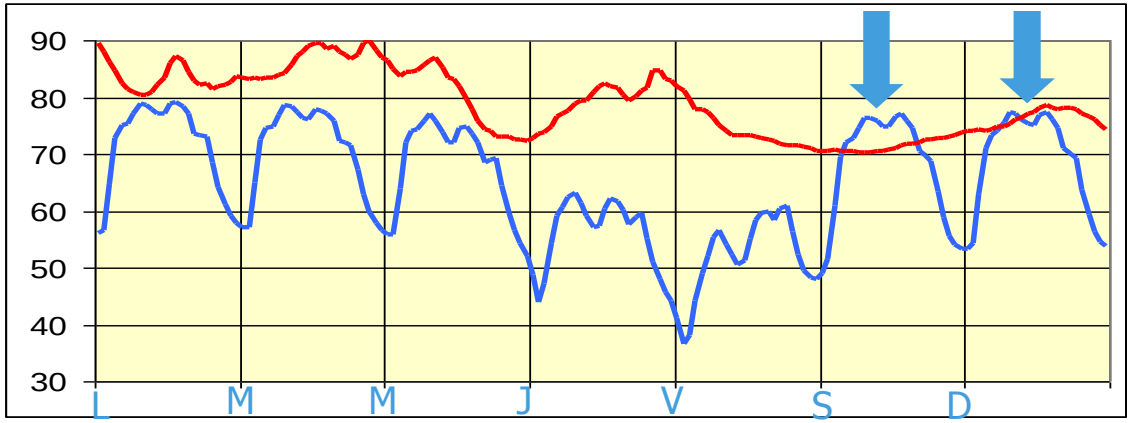
Réseau de transport d'électricité

L'importance de l'analyse en Puissance dans le système électrique

L'importance de l'analyse en Puissance dans le système électrique

Considérons une zone équilibrée en énergie sur une période de temps (année ou semaine).
Sur cette période, l'énergie consommée est couverte par l'énergie produite.

Analysons les courbes de consommation et de production.



Production

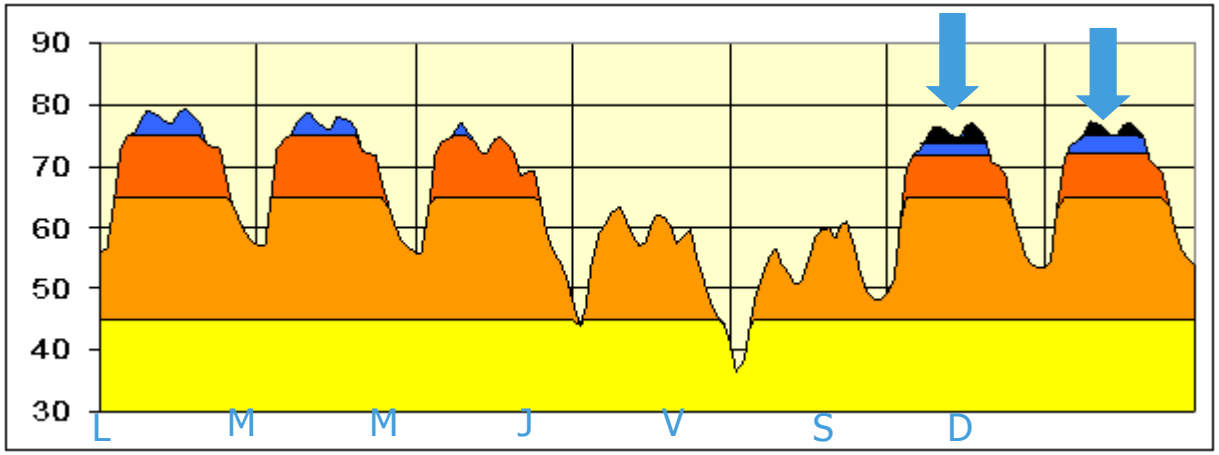
Consommation

Analyse de l'équilibre production / consommation:

Combien de fois a-t-on un problème ? =>LOLP (%)
Pendant combien de temps? => LOLE (hours)
Dans quelle proportion? => LOEE (GWh)

L'importance de l'analyse en Puissance dans le système électrique

Il est intéressant de regarder à quel coût se fait cet équilibre.



Analyse économique de l'équilibre production / consommation:

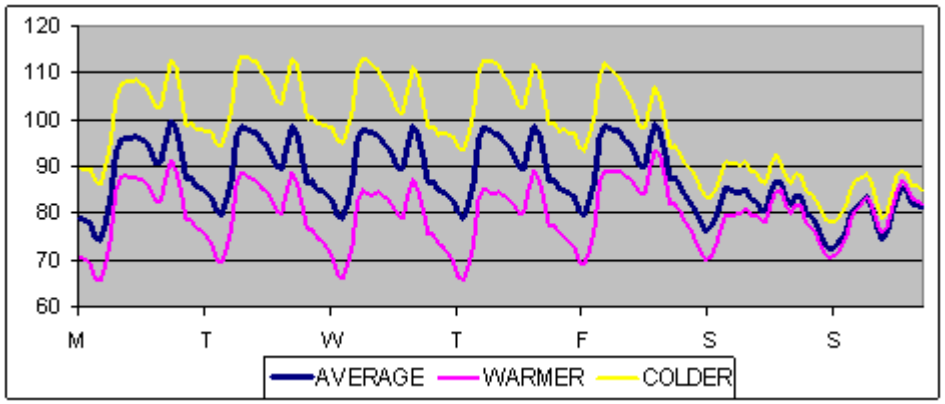
Quel est le coût des moyens de production appelés? =>Cost of the system (M€)
Quel est le volume des émissions de CO2 ? => CO2 emissions (tons)
Quel est le volume de déversement de productions fatales ? =>Spillage (MWh)

Rte
Réseau de transport d'électricité

Une combinaison d'une approche déterministe et statistique

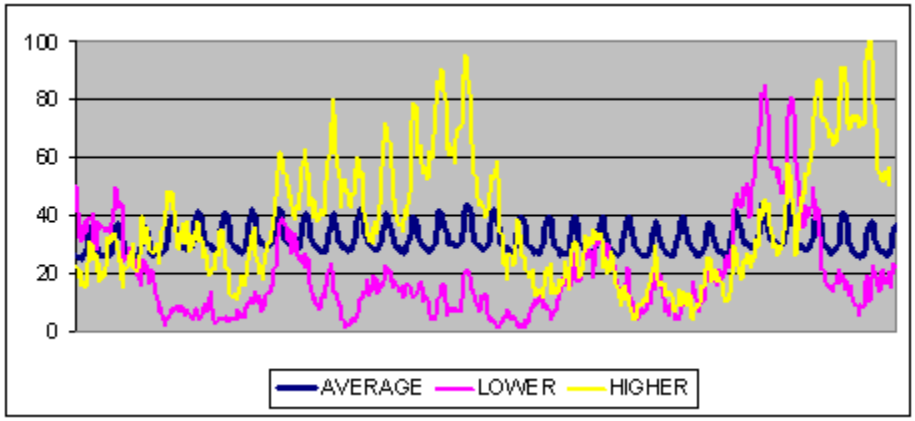
Une combinaison d'une approche déterministe et statistique

Différentes courbes de consommation



×

Différentes chroniques de production éolienne



Réseau de transport d'électricité

Quelques illustrations et simulations sur un cas test de 2 zones

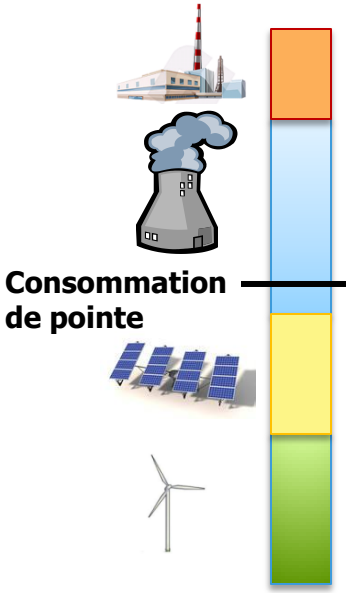
Réseau de transport d'électricité

Illustration sur un cas extrême avec 2 zones potentiellement équilibrées

Pourquoi du réseau est utile entre deux zones disposant d'une capacité de production installée supérieure à la consommation de pointe ?

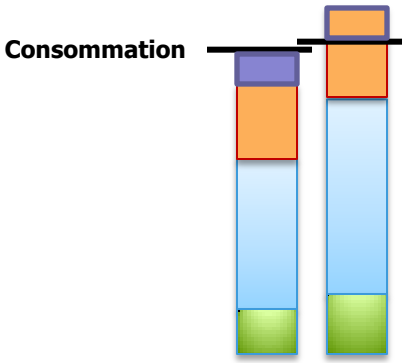
Le réseau permet le foisonnement des aléas des deux zones. Observons ce qui se passe au cours de l'année





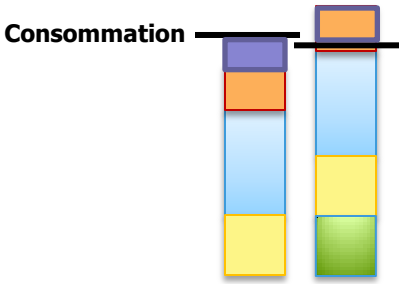
Capacité installée > consommation

Sans import depuis B, des clients de A sont privés d'électricité les soirs de la semaine



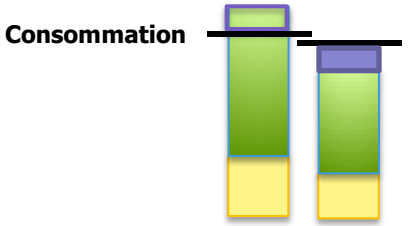
Semaine la plus froide de l'hiver

Durant l'été, une partie des centrales sont en maintenance, sans la ligne, pas de vent=pas d'électricité pour certains clients



Eté = Période de maintenance de centrales

Lorsqu'il y a une forte production d'ENR, elle peut dépasser la consommation



Période de forte production d'ENR

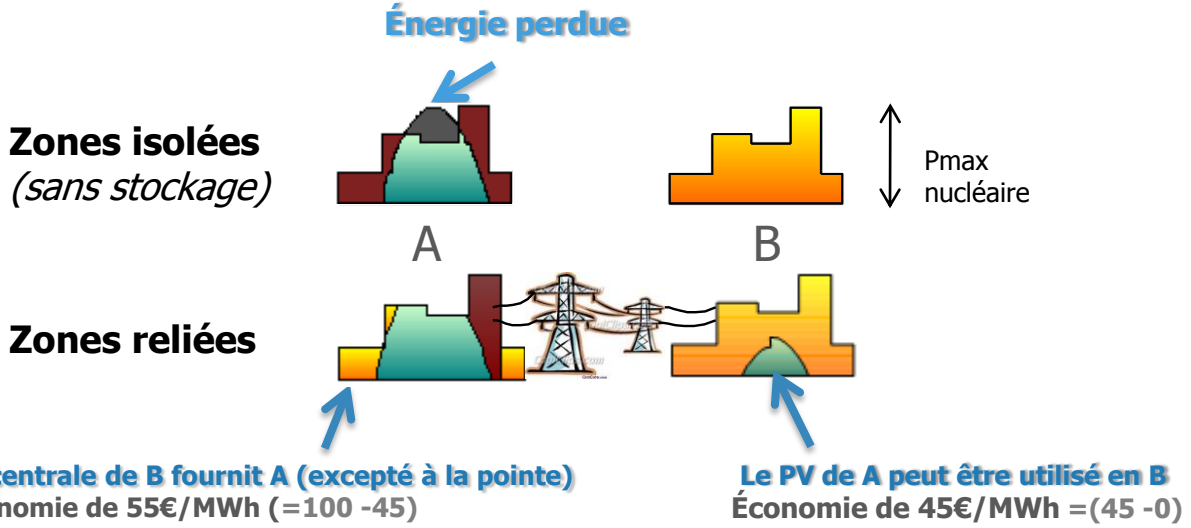
Réseau de transport d'électricité

Illustration de la réduction des coûts et des émissions de CO2

Le réseau de transport connecte l'ensemble de la production d'électricité française à l'ensemble des consommations.
Il permet ainsi à tout moment de privilégier les moyens de production les moins chers/moins polluants pour minimiser le coût de l'électricité produite en France.

Exemple : Deux zones ayant des profils journaliers de consommations similaires mais utilisant des moyens de productions différents

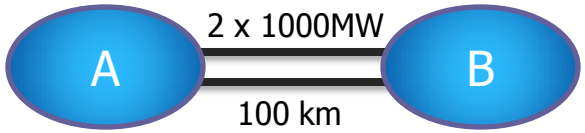
Une zone A avec du **PV** (0€/MWh) et une **turbine à combustion** (100€/MWh)Une zone B avec une **centrale nucléaire** (45€/MWh)



L'échange entre les zones permet de minimiser les coûts et les émissions de CO2
Le réseau permet d'optimiser l'évacuation des EnR entre différentes zones

Analyse de l'équilibre production / consommation : cas d'exemple

Représentation de 2 zones qui représentent chacune 1/10e de la France en consommation, en nombre d'unités thermiques, en capacités d'ENR…



Les 2 zones ont donc un mix énergétique identique et une capacité de production installée supérieure à la consommation de pointe: cas peu courant.

A partir de scénarios de consommation, de productions fatales et de disponibilités de productions, ANTARES permet de simuler heure par heure et sur toute l'année les groupes à utiliser pour respecter l'équilibre offre-demande
Les données utilisées ont été calés pour le BP2011 à l'horizon 2013

Chacune des zones a une espérance de défaillance de 3h :

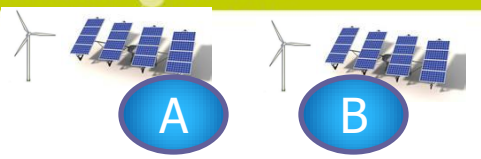
- Cela signifie que sur l'ensemble des 5000 scénarios simulés, il y a en moyenne trois pas horaires où la consommation en peut pas être entièrement servie;
- Ceci est conforme au critère d'adéquation actuellement utilisé par RTE en accord avec les pouvoirs publics

Réseau de transport d'électricité

Etudions les alternatives….

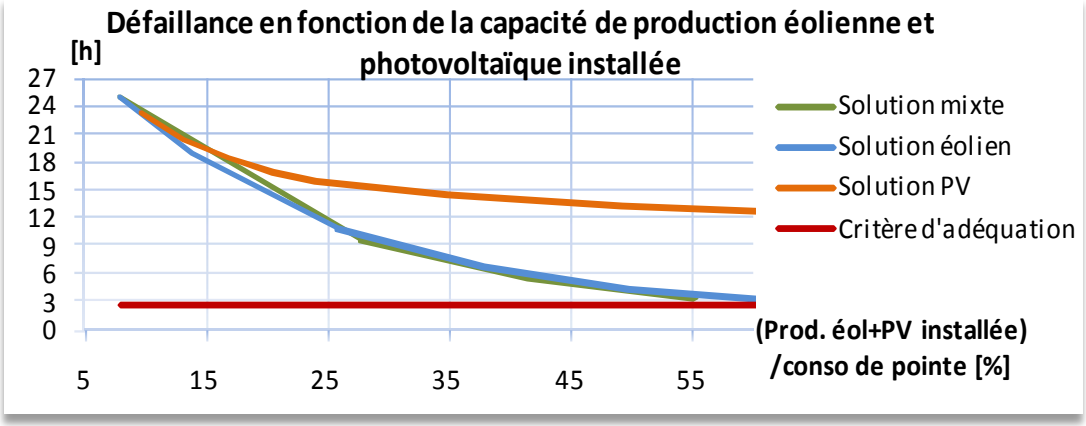
Réseau de transport d'électricité

…Plus de production renouvelable



Le parc présenté dans le cas de référence a été conservé avec une **augmentation des capacités solaires et photovoltaïques installées identique sur les 2 zones,** selon trois stratégies :

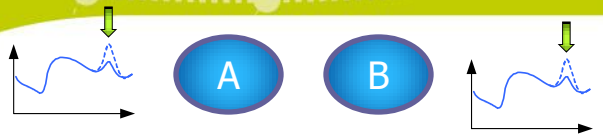
- Uniquement de l'éolien
- Uniquement de solaire photovoltaïque
- Conjoint d'éolien et de photovoltaïque



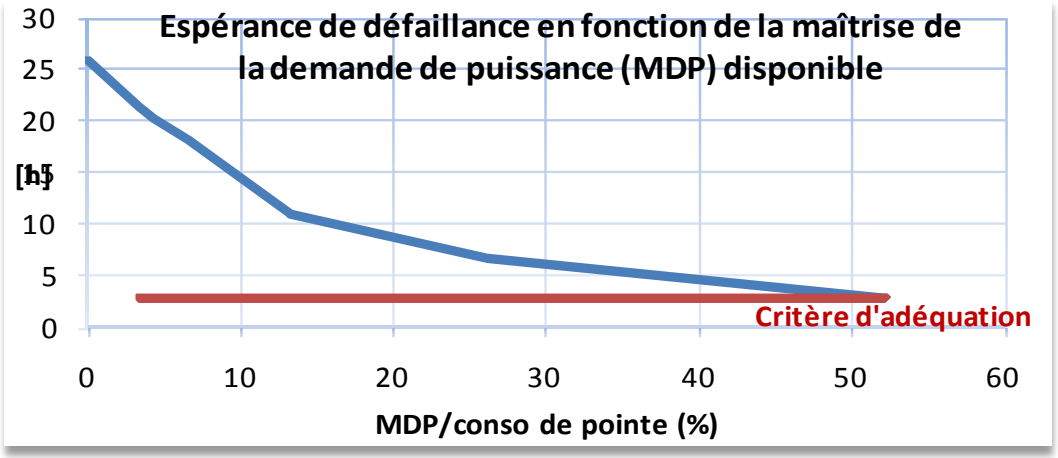
Le photovoltaïque seul ne permet pas de réduire la défaillance en deçà d'environ 10h de défaillance

Pour respecter le critère des 3 h de défaillance , il faut multiplier par 4 la capacité photovoltaïque et par 8 la capacité éolienne par zones

…avec maitrise de la demande de puissance

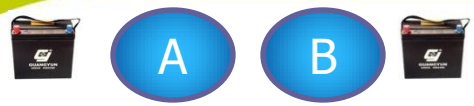


Hypothèse : L'énergie maximale journalière correspond à 3h d'utilisation à la puissance maximale (Pmax)

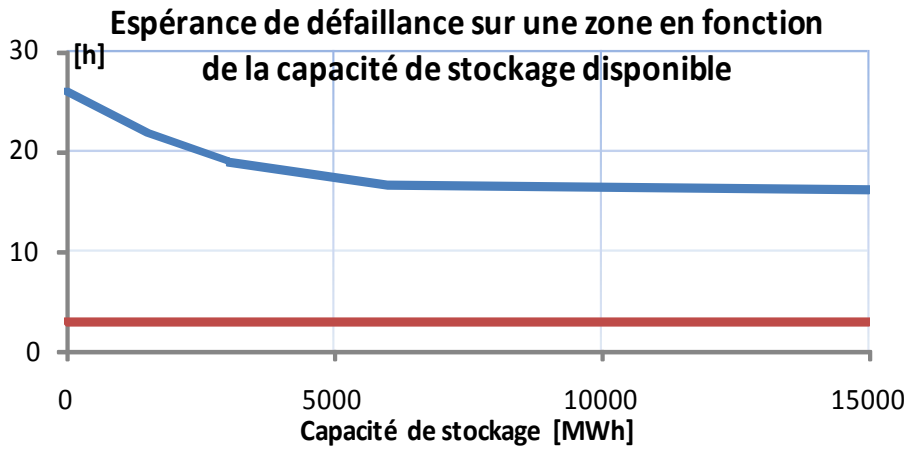


Pour respecter le critère des 3 h de défaillance , il faut que **52% de la consommation de pointe soit maîtrisable**

…avec l'ajout de moyens de stockage



Hypothèses :
Une puissance maximale de charge et de décharge égale à 1/10e de la capacité maximale du moyen.
Un rendement de 0,72
Une optimisation hebdomadaire



Capacités maximales de différentes technologies de stockage :

- STEP : Grand maison 43 GWh ;
- Stockage à air comprimé 1 GWh ;
- Batteries : Il existe aujourd'hui des batteries de 7 MWh qui font la taille d'un camion et pèsent 5 tonnes

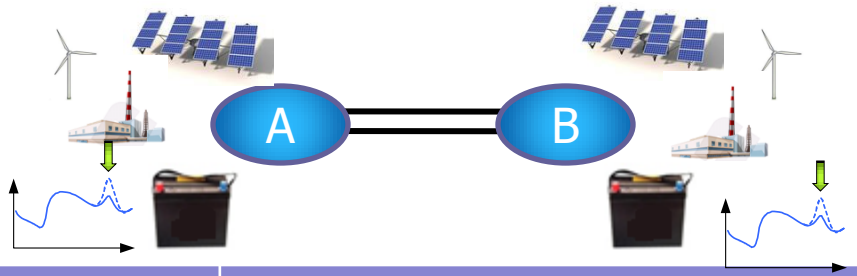
L'augmentation de la capacité de stockage ne permet pas de réduire la défaillance en dessous de 15h

En résumé sur ce cas extrême très simplifié :

Réseau de transport d'électricité

Analyse de l'équilibre production / consommation : cas d'exemple

Sans réseau entre les 2 zones, les moyens décentralisés dans chacune des zones peuvent-ils ramener les deux zones au même niveau de sécurité d'approvisionnement qu'avec le réseau (Cas 1) ?



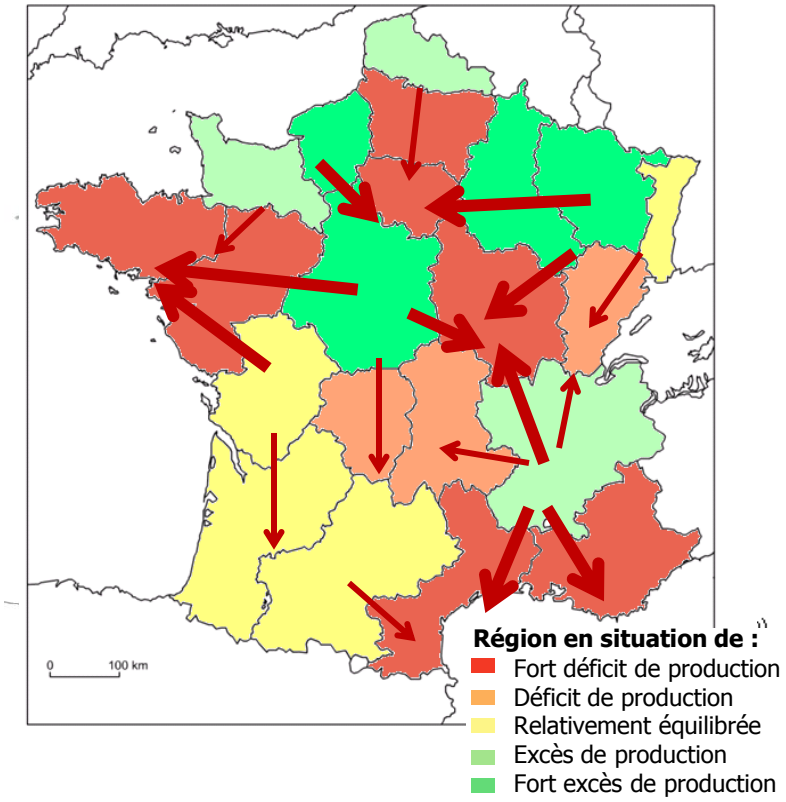
Moyens	Investissements Requis / Impacts / faisabilité
Production classique (CCG)	3 CCG en plus Émissions de CO2 + disponibilité ressources fossiles
Production PV et éolienne	PV * 4, éolien * 8, perte de productible
Maîtrise de la consommation	Economies d'énergie (10% de la consommation) et 30% de maitrise de la consommation de pointe => moins de confort + faisabilité réelle?
Moyens de stockage type batteries	Les moyens de stockage seuls ne permettent pas d'arriver à un niveau de sûreté acceptable
Production ENR, moyens de stockage, maitrise de la consommation	PV *4, éolien * 4, 15% de maîtrise de l'énergie/puissance et stockage de 8% de la consommation journalière.

Au niveau national et européen, d'autres caractéristiques sont à prendre en compte

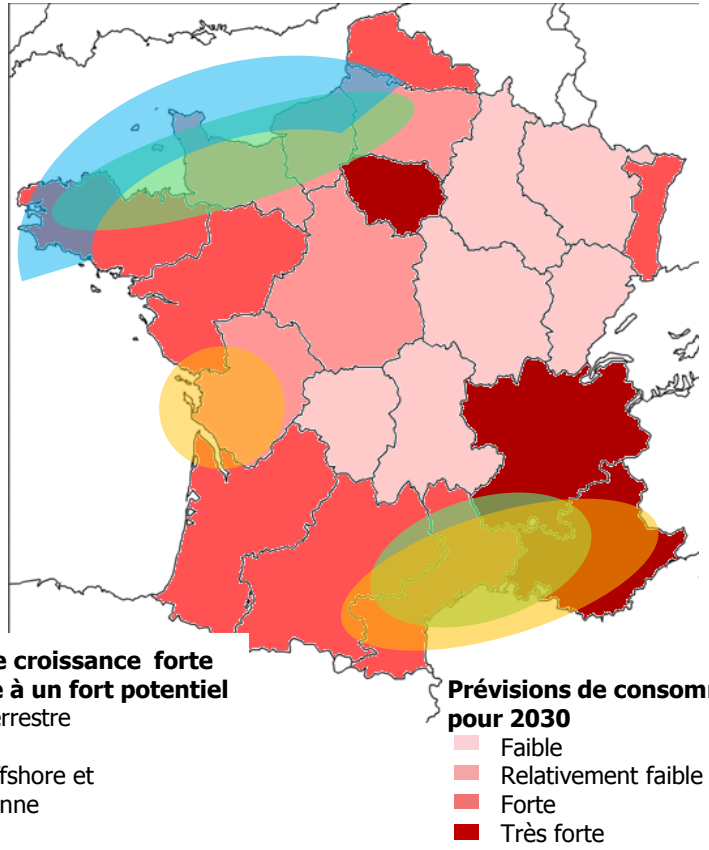
Le déséquilibre en puissance est renforcée par les déséquilibres en énergie

La production n'est pas toujours là où on en a besoin…

Analyse des déséquilibres régionaux actuels



Evolution des déséquilibres à l'horizon 2030



Certaines régions seront moins déséquilibrées, d'autres le seront davantage (Normandie, Ile-de-France).

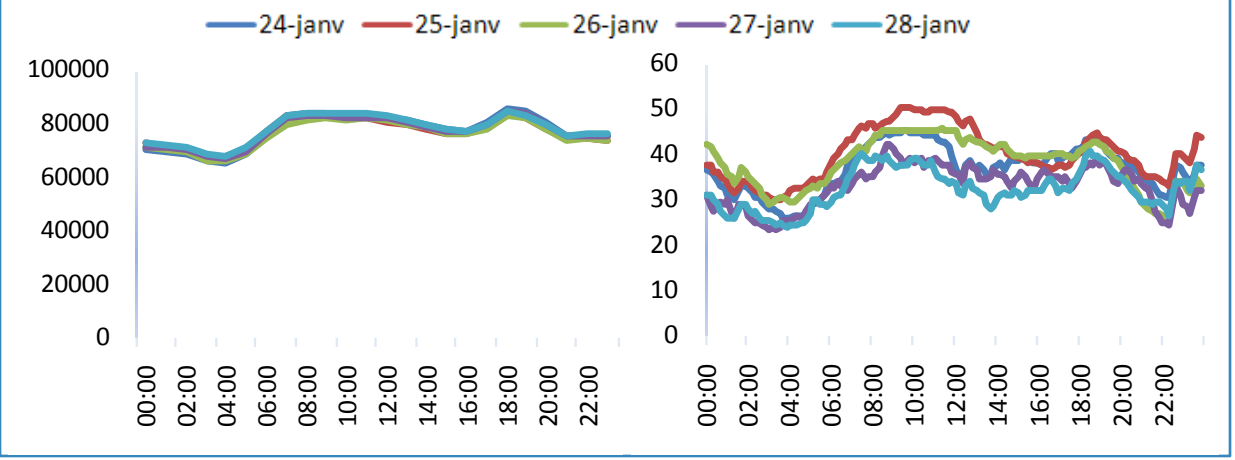
Un développement du réseau de transport permet une compensation des déséquilibres production/consommation régionaux.

le réseau permet de minimiser la capacité de production installée en France…

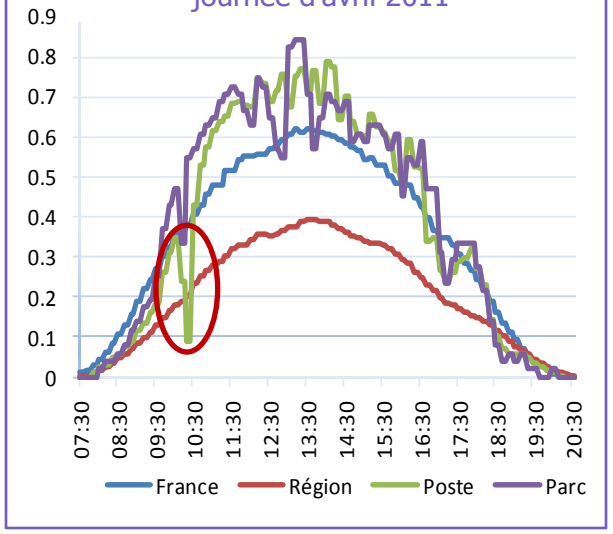
1. Des marges de secours sur les centrales de production sont indispensables pour faire face aux aléas pouvant survenir.
   Or, il y a une faible chance pour que deux aléas majeurs interviennent dans plusieurs zones en même temps
   Le réseau de transport permet de partager les marges entre différentes zones : **c'est la mutualisation**
   Analogie : exemple de mutualisation des ressources dans les communautés d'agglomération

2. Les aléas ont plus de chances de se compenser à grande échelle que localement. Le réseau de transport, qui connecte l'ensemble du territoire, permet de mettre ces aléas dans un « pot commun » : **c'est le foisonnement.**
   Analogie : Il y a plus de chances de trouver quelqu'un qui éteint le lumière juste au moment où vous l'allumez à l'échelle de la France que de votre quartier

Consommation sur 5 jours de janvier 2011 (superposés)
pour la France et deux postes de la région Ouest



Variabilité du solaire photovoltaïque
journée d'avril 2011



Les marges de secours à prendre à l'échelle nationale sont moins importantes que la somme des marges des différentes zones prises individuellement.
Ce sont donc moins de centrales de production à construire sur le territoire.

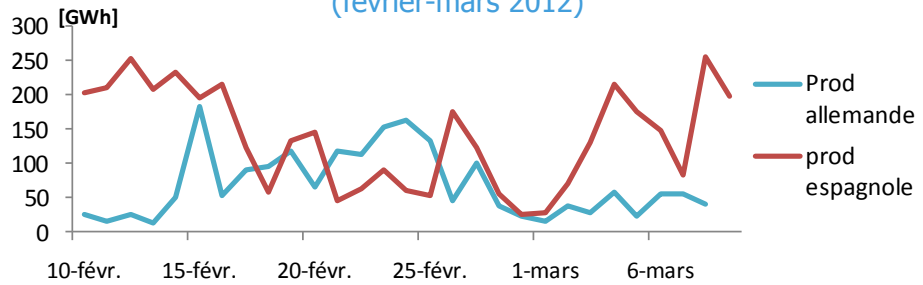
Réseau de transport d'électricité

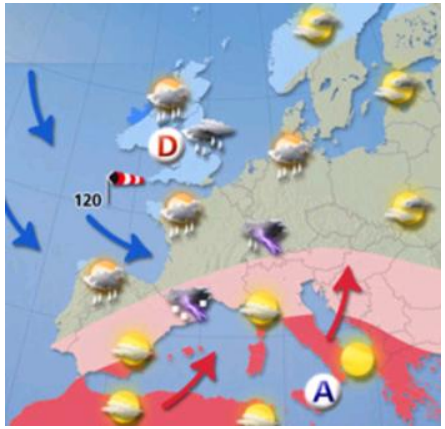
...Mais aussi en Europe

Un bénéfice aussi visible à l'échelle européenne

1. **Foisonnement des consommations** : variations des conditions météorologiques mais aussi des usages
   En période de grand froid, la France peut importer de ses voisins, dont les systèmes sont moins sensibles au froid
2. **Foisonnement des énergies renouvelables :** un jour donné, le vent et l'ensoleillement varient fortement d'un pays à l'autre. Les pays qui bénéficient de conditions météorologiques favorables peuvent exporter vers ceux dont les conditions sont moins favorables

Production d'électricité d'origine éolienne en Allemagne et en Espagne (février-mars 2012)





3. **Mutualisation des moyens de secours**

Les réglages automatiques de fréquence sont mutualisés sur l'Europe continentale
La puissance réservée pour leur usage (production disponible à prévoir en plus de la consommation) représente environ 1% de la capacité de production française contre 5% sans mutualisation

Grâce aux interconnexions en Europe continentale, la France a besoin de 10% de moins de capacité de production installée par rapport à la Grande-Bretagne.
Cette différence représente 6 EPR ou la multiplication par 5 de notre capacité de production éolienne

CONCLUSION

Un développement du réseau de transport permet un foisonnement de la consommation et de la production ENR et une mutualisation des secours en Europe continentale :
- 10% de moins de capacité de production installée
- Cette différence représente 6 EPR ou la multiplication par 5 de notre capacité de production éolienne

Un développement du réseau de transport permet d'atteindre l'équilibre production / consommation national à travers des déséquilibres régionaux. Cette fonction est toujours nécessaire même avec une pénétration forte des ENR.

Sans aucun développement du réseau de transport, les moyens décentralisés seuls (ENR, Maitrise de la consommation, stockage) ne sont pas pertinents. Selon les configurations, au cas par cas, un mix de développement du réseau de transport et de moyens décentralisés peut être intéressant d'un point de vue technico-économique.

Annexes

L'équilibre production-consommation : une exigence (1/2)

Le système électrique français fonctionne à une fréquence de 50hZ

Nos appareils domestiques (micro onde, TV, …) mais aussi les centrales de production sont conçus pour fonctionner de manière optimale à cette fréquence.

Cette fréquence est obtenue quand, à l'échelle de la France, la Production Globale injectée est strictement égale à la Consommation Globale soutirée.

<u>RTE est responsable de cet équilibre en temps réel.</u>



Si Consommation > Production, la fréquence est < 50hZ



Si Production > Consommation, la fréquence est > 50hZ

Réseau de transport d'électricité

L'équilibre production-consommation : une exigence (2/2)

Or, cet équilibre peut-être perturbé par différents phénomènes :
- modification de la consommation,
- incident sur une centrale de production,
- aléa sur la production intermittente des énergies renouvelables

Les petits déséquilibres sont tolérables et sont automatiquement compensés par l'ensemble des centrales de production qui produisent alors plus (si la fréquence est < 50hz) ou moins (si la fréquence est > 50 hZ).

En revanche, si le déséquilibre est trop important, même pendant un court instant, les centrales de production se déconnectent automatiquement et peuvent conduire alors, **par effet de cascade, à l'écroulement complet du système et au black-out.**

Les centrales de production ***et le système électrique*** dans son ensemble doit donc préventivement se garder des **marges** pour pouvoir réagir aux différents aléas pouvant survenir à tout instant.

Réseau de transport d'électricité