
L'hydroélectricité dans les marchés à l'heure du développement des énergies renouvelables

Olivier SELLIER, le 21 novembre 2014



Fortum
Leader du secteur de l'électricité
et de la chaleur dans les pays nordiques

Next generation
energy company



Fortum dans le monde

Opérateur historique finlandais, détenu à 50,8% par l'état finlandais

Pays Nordiques

n°1



Chaleur

n°2



Vente
d'électricité

n°2



Production
d'électricité

Electricité 51,6 TWh

Chaleur 14,5 TWh



Chiffres clés 2012

Ventes	6,2 Mrd€
Résultat Op.	1,9 Mrd€
Effectif	10 400

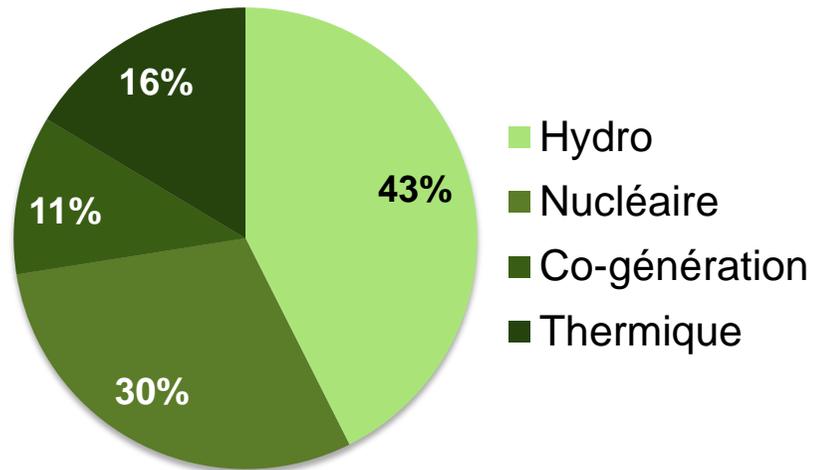


Russie - Pologne - Pays-Baltes – (Royaume-Uni*)

Electricité (28,5TWh) - Chaleur (41,4TWh)

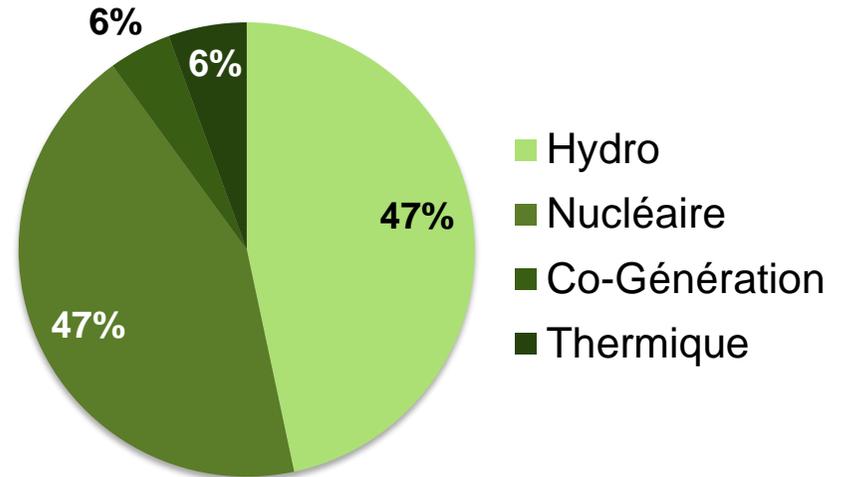
Capacité et production électrique de Fortum dans les pays nordiques, par moyen de production

Capacité installée (Ventes pays nordiques)



Total 10,9 GW

Production d'électricité (Ventes pays nordiques)



Total 51,6 TWh

Les installations hydroélectriques de Fortum

- 22 TWh de production annuelle
- 159 centrales situées en Finlande et en Suède
- Premières installations mises en service en 1890
- Excellence opérationnelle
99% de disponibilité
- Une gestion des rivières en lien avec d'autres opérateurs
- Un programme d'investissement continu pour la sécurité et la performance des installations:
 - 50 centrales modernisées depuis 1990
 - 5 à 10% de production additionnelle après chaque rénovation



Rivière	Nb de centrales	MW*
Ångermanälven	3	57
Indalsälven	10	615
Ljungan	4	103
Ljusnan	18	629
Dalälven	39	935
Klarälven	24	357
Byälven	5	37
Norsälven	11	124
Gullspångsälven	5	87
Autres rivières	5	60
Suède	127	3 090*
Kemijoki	20	717
Oulujoki	11	542
Vuoksi	2	240
Finlande	33	1 499*
Capacité totale des centrales listées		4 589*

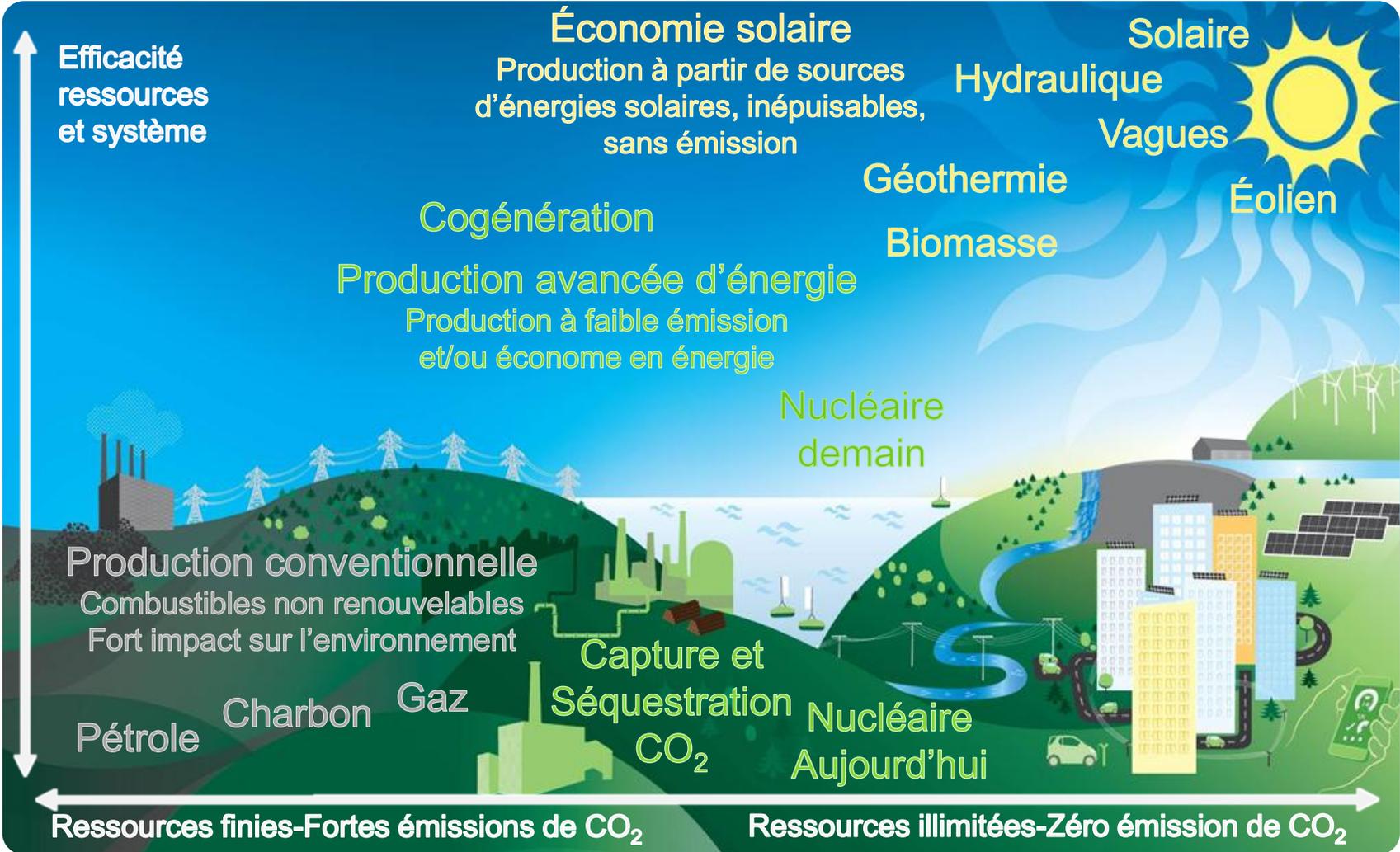
5

- Chiffres 2013
- Les données de capacité se réfèrent aux installations détenues par Fortum (100%) ou dans lesquelles Fortum détient des participations (capacité au %)
- S'y ajoutent environ 800 MW capacity en Russie et environ 200 MW en Norvège au travers de participations

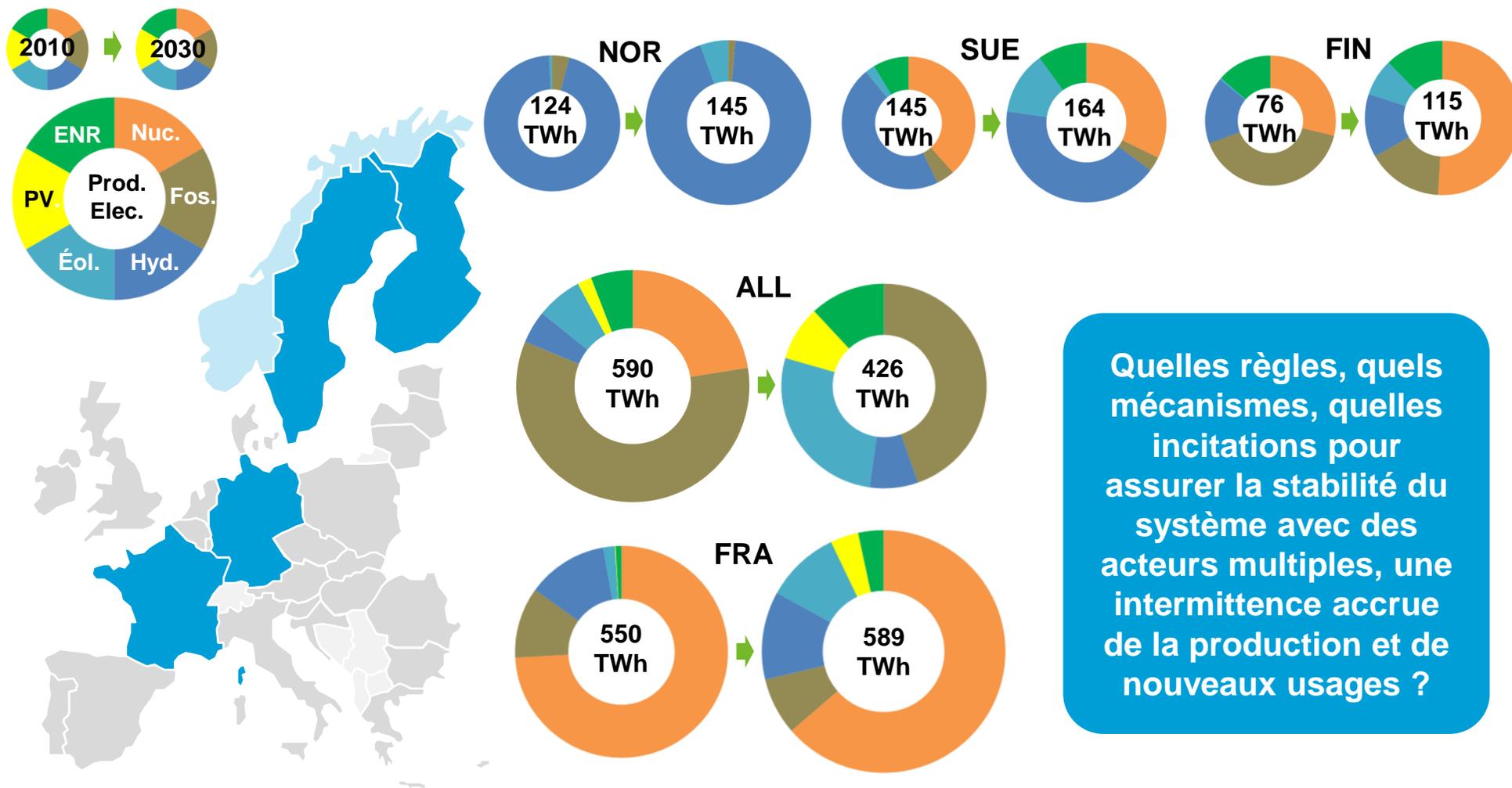
L'hydroélectricité dans les marchés à l'heure du développement des énergies renouvelables



L'évolution du système énergétique vue par Fortum



Mix énergétique et tendances pour quelques pays d'Europe

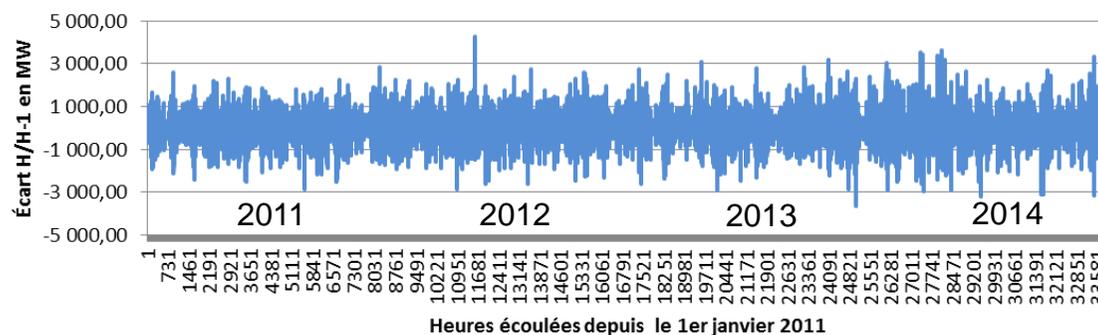


Intermittence ? De quoi parle-t-on pour le réseau électrique ? Cas de l'éolien

Pour environ 30 GW éoliens installés,
écart H/H-1 observable en Allemagne

Année	Pe. inst.	Écart type	Maximum observé
2011	28 GW	500 MW	-2870 MW
2012	30 GW	530 MW	+4260 MW
2013	33 GW	175 MW	-3640 MW
2014	>33 GW	150 WW	+3640 MW

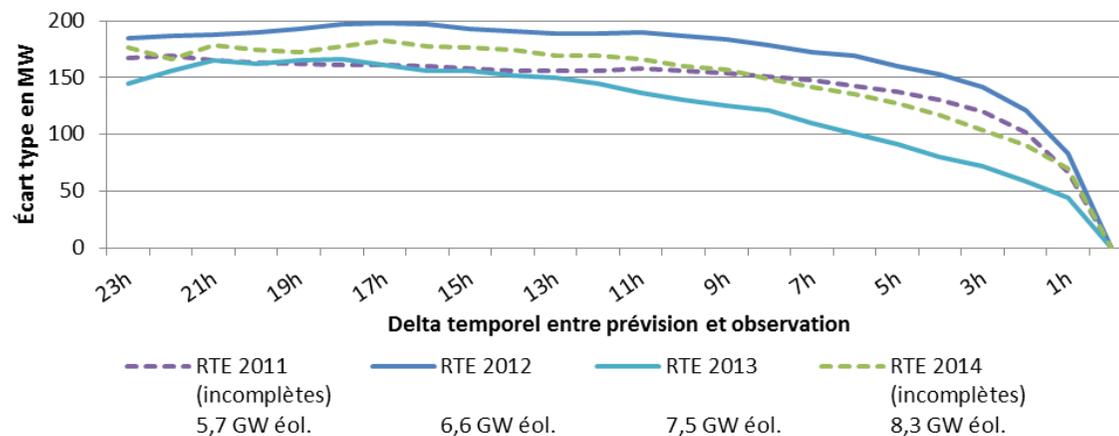
Écart H/H-1 de la production éolienne en Allemagne
entre 2011 et aujourd'hui



Pour environ 8 GW éoliens installés,
écart observable à H-X en France

Temps	Écart type	Maximum observé *Maximum supposé
À J-1	~200MW	~1500MW
À H-12	~200MW	~1500MW*
À H-6	~175 MW	~875MW*
À H-3	~150 WW	~750MW*
À H-1	~80 MW	~400MW*

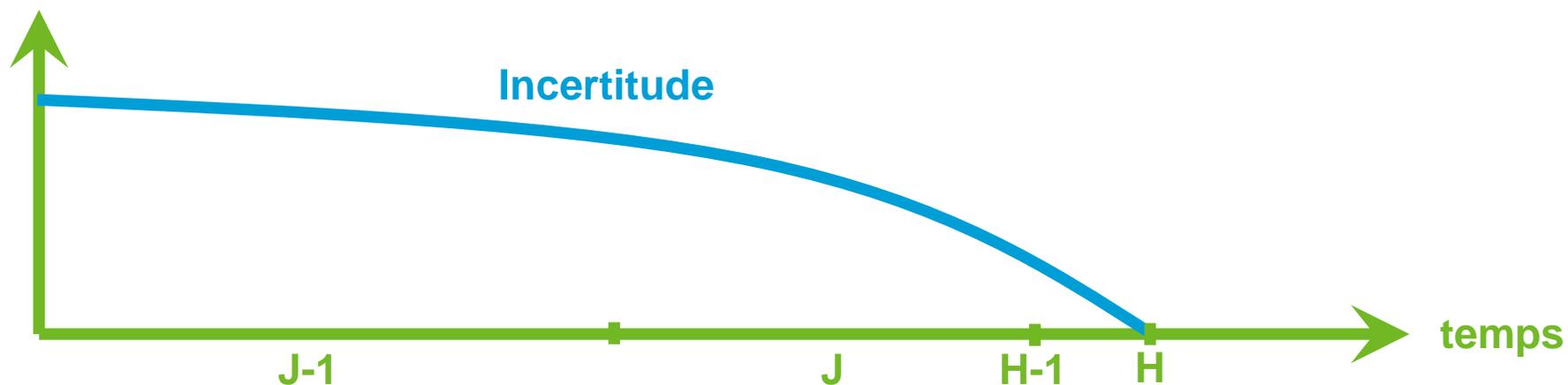
Précision des prévisions de production éolienne en France
entre 2011 et aujourd'hui



Données sources :

<https://www.eex.com/en/market-data/market-data-download/>
https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/previsions_eoliennes.jsp
http://www.thewindpower.net/statistics_countries_fr.php

Comment le marché peut-il gérer l'intermittence ?



Bourse de l'électricité

Journalier

Infra-journalier

Équilibrage



Principe des marchés de l'électricité – Journalier et Infra-journalier

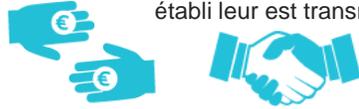
Marché journalier du jour J - Nordpool spot

À J-1, pour chaque heure de la journée J :

Avant 12:00, les producteurs et fournisseurs consignent respectivement leurs offres et leurs demandes



Avant 12:00, les producteurs et fournisseurs transmettent leurs offres et demandes horaires au marché.



À 13:00, les producteurs et fournisseurs sont informés de la sélection, ou non, de leurs offres et demande. Le prix de marché établi leur est transmis.

08:00 09:00 10:00 11:00 12:00 13:00 14:00

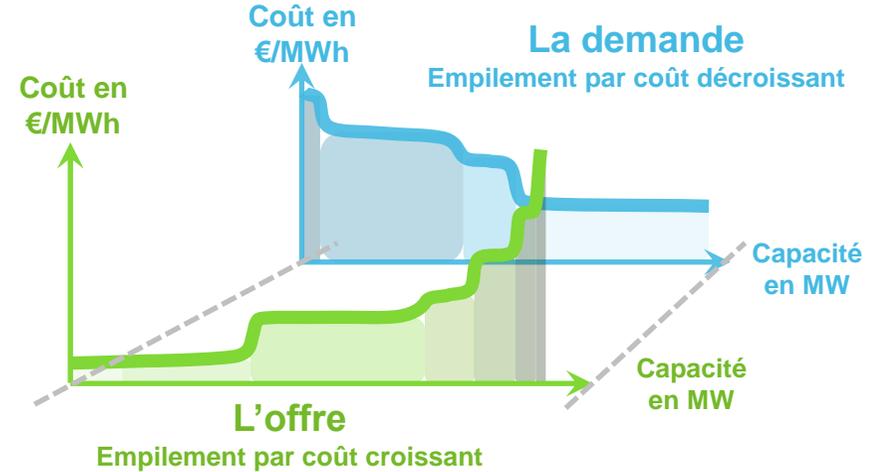
À 10:00, les gestionnaires de réseau transmettent les capacités de transmission disponibles pour chaque heure du jour J.



À 12:00, fin du dépôt des offres et demandes.



Le marché détermine les volumes et le prix de marché (Cf. Schéma ci-contre)



Marché infra-journalier du jour J - Nordpool Elbas

Jusqu'à J/H-1, producteurs et les fournisseurs peuvent proposer d'autres offres et demandes sur le marché qu'ils peuvent réviser



12:00 13:00 14:00 ...J-1-> J... H-2 H-1 H

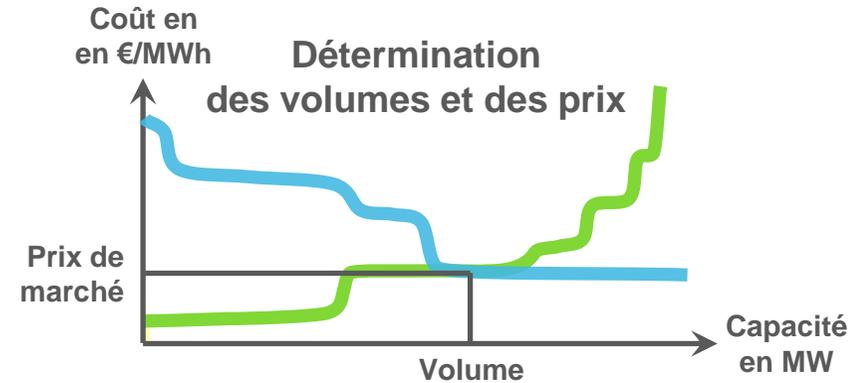
À 14:00, le marché informe ses membres des capacités disponibles le jour J



À J/H-1, fin du dépôt des offres et demandes.

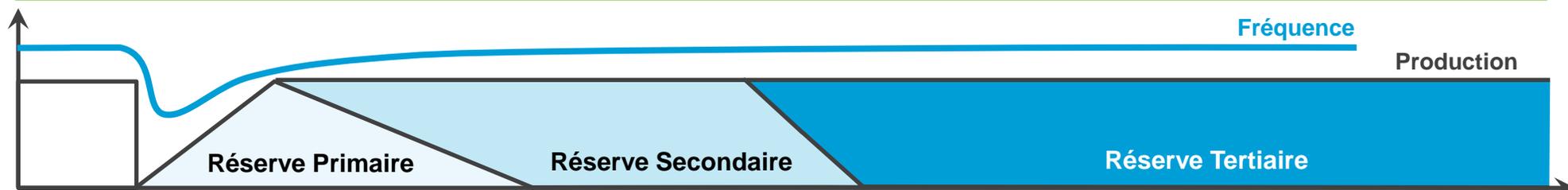


Le marché détermine les volumes et le prix de marché associé



Sources :

L'équilibrage



	Réserve Primaire ⁽¹⁾ En ~30s pour 15 min	Réserve Secondaire ⁽²⁾ En ~15min pour ~1h	Réserve Tertiaire Rapide-Compl.-Conso ⁽³⁾ En ~15min-30min pour ~2h-6h	Réserve Tertiaire Mécanisme d'ajustement ⁽⁴⁾ Mobilisation Variable
SUE FIN NOR DAN (Est)	+/- 600 MW	+/- 300 MW +1200 MW	880 MW en Finlande	
ALL	+/- 600 MW Appel d'offre hebdomadaire	+/- 2000MW Appels d'offre hebdos	+/- 2300MW ~ +/- 2600MW Appels d'offre hebdos	Marché infra-journalier
FRA	+/- 600MW Participation imposée	+/- 500MW~+/- 1000MW Participation imposée	+ 2250MW Appel d'offre annuel	Marché infra-journalier

⁽¹⁾FCR : Frequency Compensation Reserve

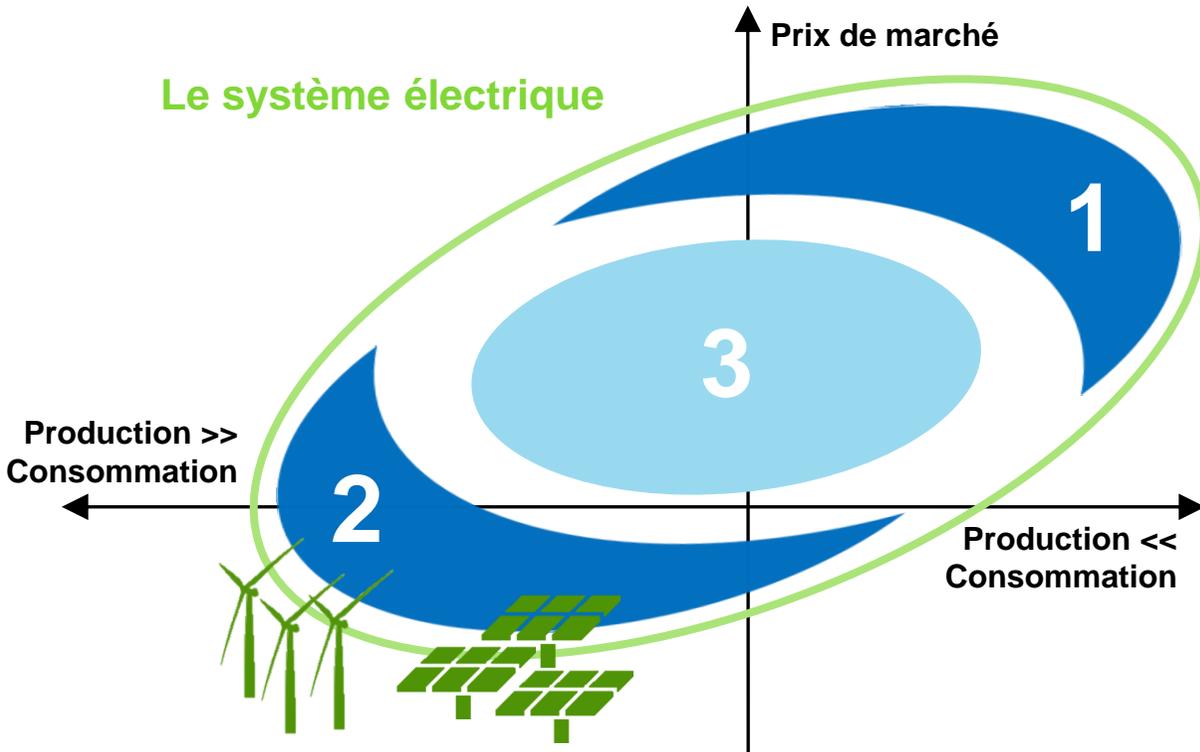
⁽²⁾aFRR : automatic Frequency Restoration Reserve

⁽³⁾mFRR : manual Frequency Restoration Reserve

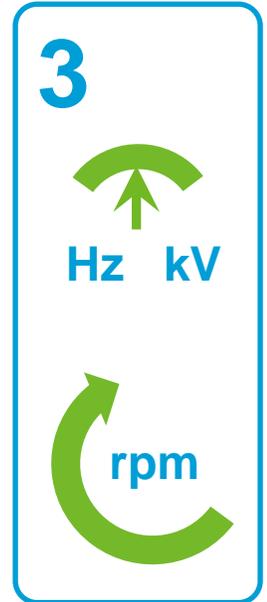
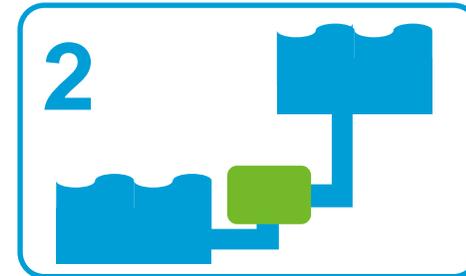
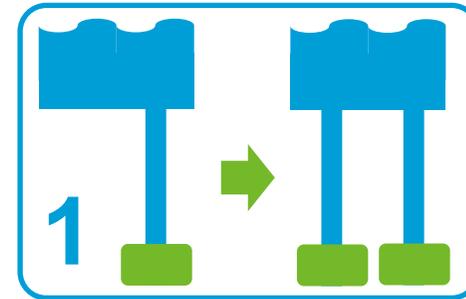
⁽⁴⁾RR : Replacement Reserve

Des besoins en capacité de réserve similaire pour des zones géographiques aux caractéristiques électriques similaires. Un besoin de réserve tertiaire rapide à la hausse, mais aussi à la baisse dans les pays où la pénétration des ENR est forte. Une culture de marché plus développée dans les pays du nord.

Et la place de l'hydro-électricité ?



De plus grands besoins de régulation
reflétés par des variations de prix accrues



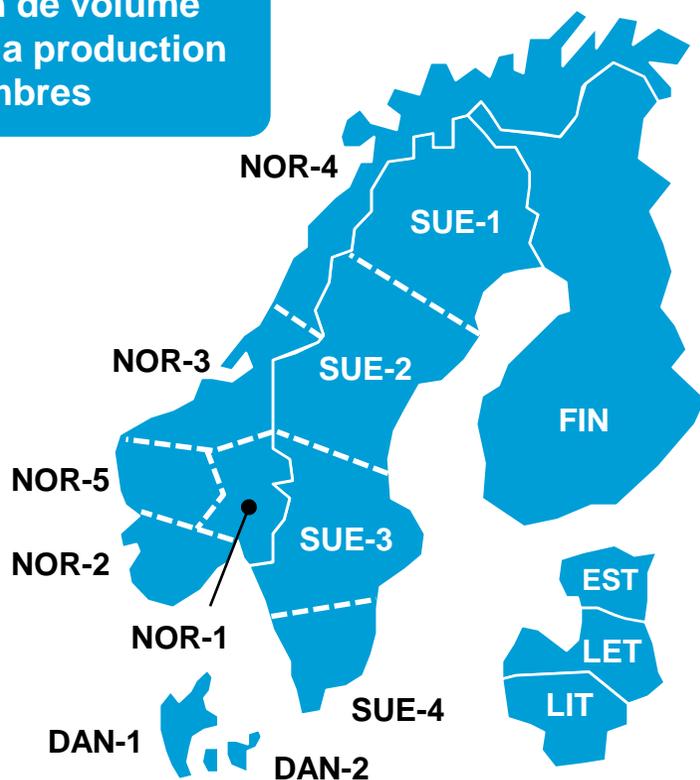
L'Hydroélectricité, un moyen de
production flexible pour gérer
l'intermittence

- ① Produire au bon moment
- ② Stocker / Pomper
- ③ Fournir des services

Le marché Nordpool journalier – Nordpool spot



En 2013 :
349 TWh de volume
84% de la production
361 membres



En 2013	Volumes en TWh	Prix moyen en €/MWh
SUE-1	21,9	39,19
SUE-2	32,7	39,19
SUE-3	77,7	39,45
SUE-4	6,7	39,93
FIN	38,7	41,16
DAN-1	20,1	38,98
DAN-2	10,9	39,60
NOR-1	26,4	37,56
NOR-2	44,0	37,33
NOR-3	12,8	38,96
NOR-4	22,7	38,60
NOR-5	16,9	37,60
EST	10,7	43,14
LET	-	-
LIT	6,3	48,93
TOT	349 TWh	38,10 €/MWh

Prix système

Sources :

<http://www.nordpoolspot.com/>
<http://www.nordpoolspot.com/#/nordic/map>

Comparaison des marchés Nordpool et EPEX



D'autres services commercialisés par Nordpool et EPEX n'ont pas été représentés

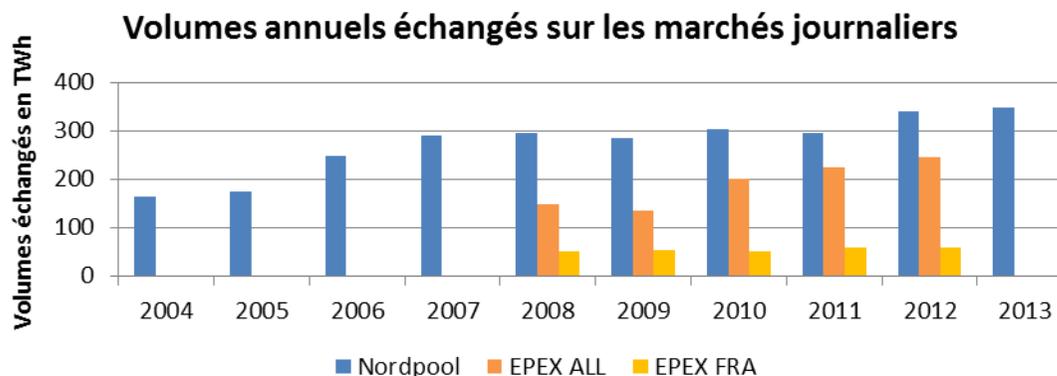
Journalier	Nordpool ⁽¹⁾	EPEX ALL ⁽²⁾	EPEX FRA ⁽²⁾
Volume échangé	349 TWh	245 TWh	59 TWh
% prod. annuelle	84%	39%	11%
Membres ⁽³⁾	361	205	

Infra-journalier	Nordpool ⁽¹⁾	EPEX ALL ⁽²⁾	EPEX FRA ⁽²⁾
Volume échangé	4,2 TWh	15,8 TWh	2,2 TWh
% prod. annuelle	0,9%	2,5%	0,4%
Membres ⁽³⁾	361	205	

⁽³⁾ Compatibilisés sur tous les services

⁽¹⁾ Données 2013

⁽²⁾ Données 2012

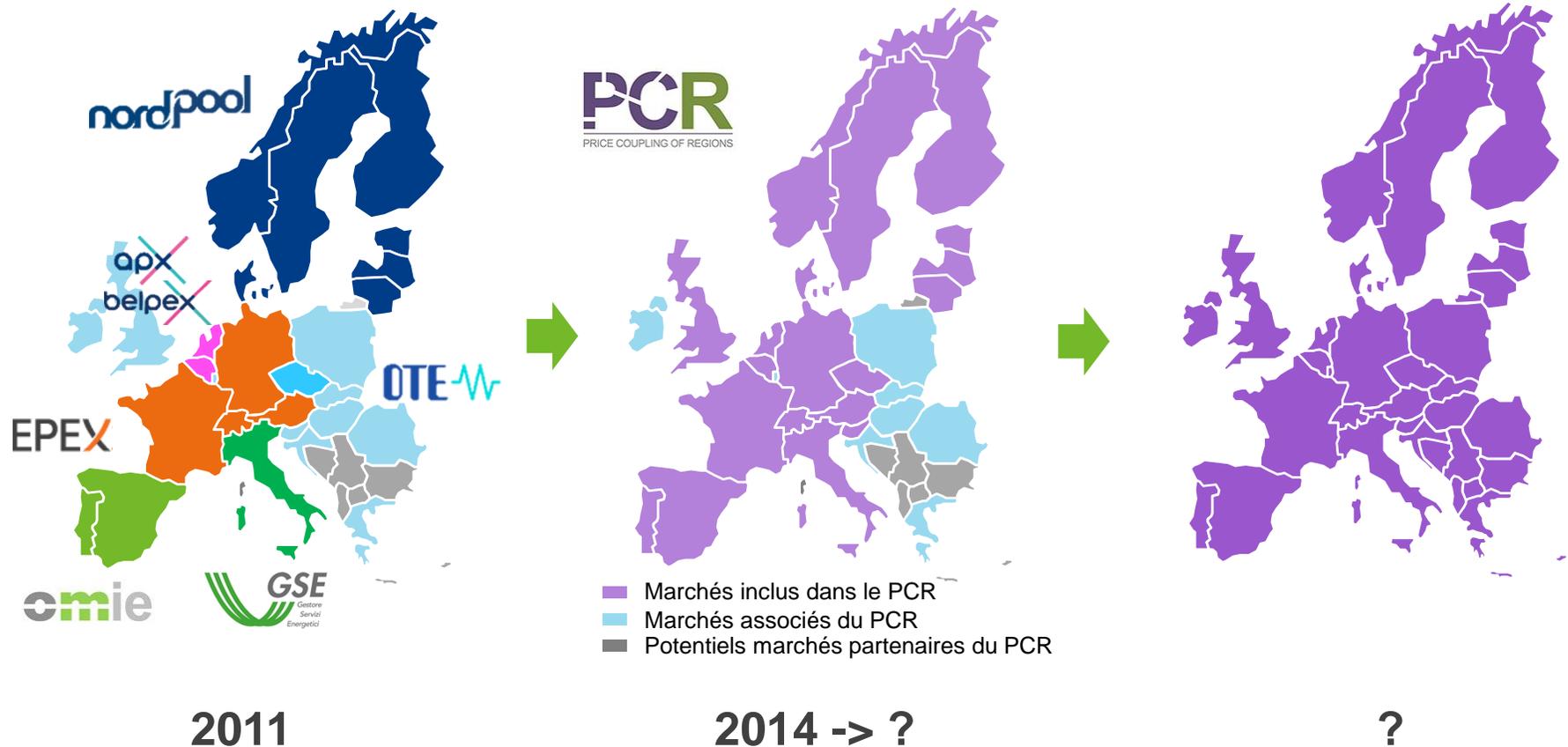


Les données non-affichées n'ont pas été recherchées

Sources :

Rapport Nordpoolspot "Annual report 2013"
Rapport EPEXspot "Annual report 2012"

Vers l'intégration des marchés européens de l'électricité



Utilisation des capacités de production au meilleur coût pour le consommateur
Renforcement de la sécurité d'approvisionnement
Atteinte des objectifs environnementaux (CO2 & ENR) de manière économiquement efficace



Merci

Foisonnement des régimes de vent Espagnols, Allemands et Français



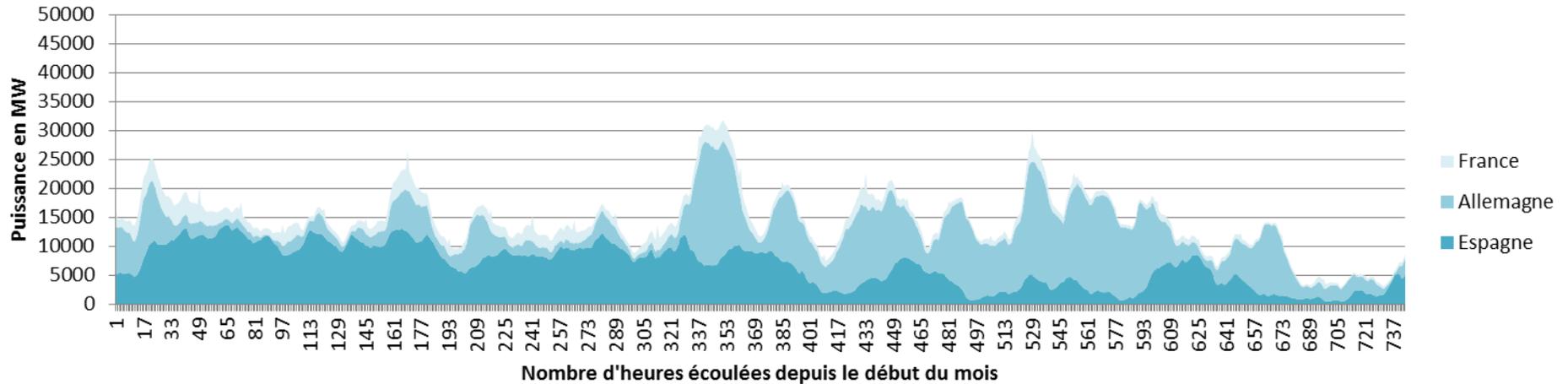
2012-2013	Pe. Inst.	Écart-type	Ratio
Espagne	~ 23 GW	~ 3,3 GW	~ 14%
Allemagne	~ 31 GW	~ 4,7 GW	~ 15%
France	~ 7,4 GW	~ 1,2 GW	~ 16%
Total	~ 61 GW	~ 6,2 GW	~ 10%

Données sources :

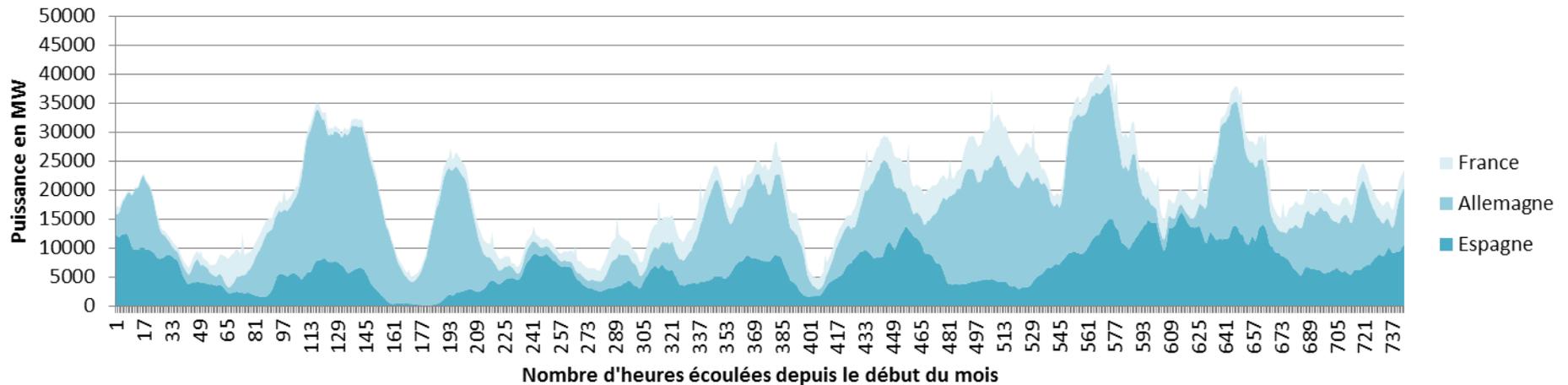
Données espagnoles ? <https://www.eex.com/en/market-data/market-data-download/>, https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/previsions_eoliennes.jsp, http://www.thewindpower.net/statistics_countries_fr.php

Illustration du foisonnement des régimes de vent Espagnols, Allemands et Français (1/3)

Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Février 2012



Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Décembre 2013



Données sources :

Données espagnoles ?

<https://www.eex.com/en/market-data/market-data-download/>

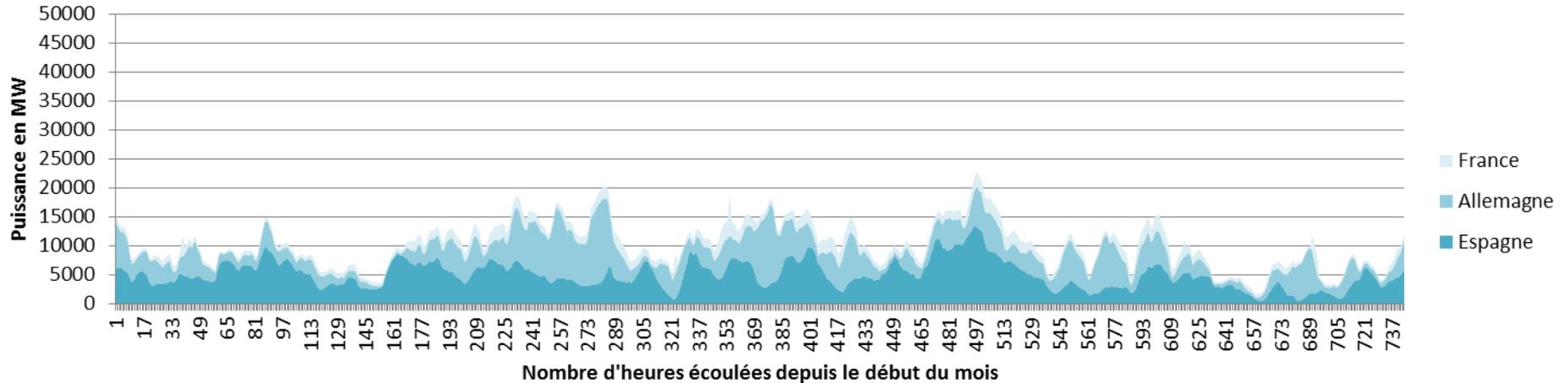
https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/previsions_eoliennes.jsp

Next generation
energy company

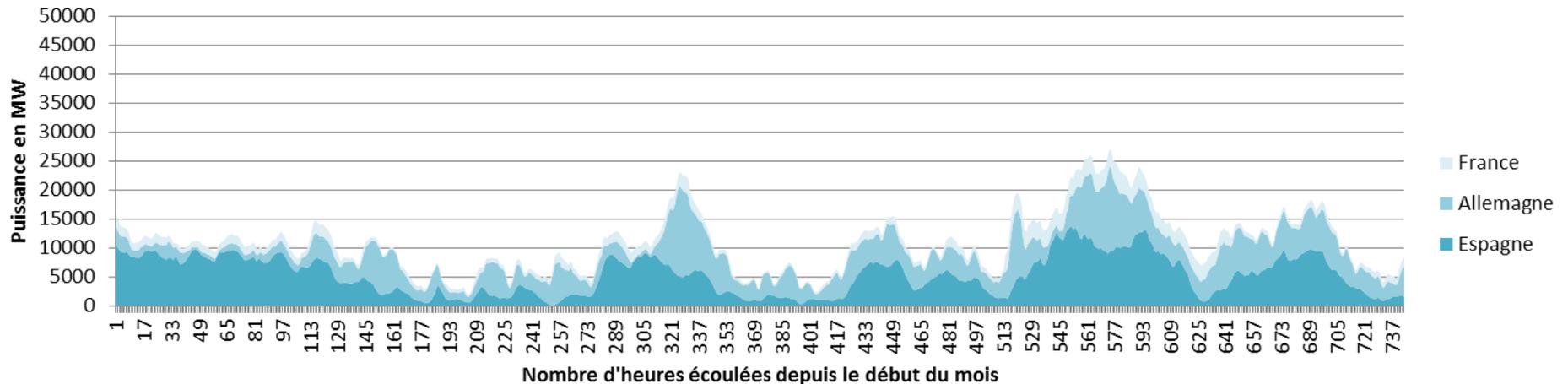


Illustration du foisonnement des régimes de vent Espagnols, Allemands et Français (2/3)

Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Mai 2012



Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Septembre 2012



Données sources :

Données espagnoles ?

<https://www.eex.com/en/market-data/market-data-download/>

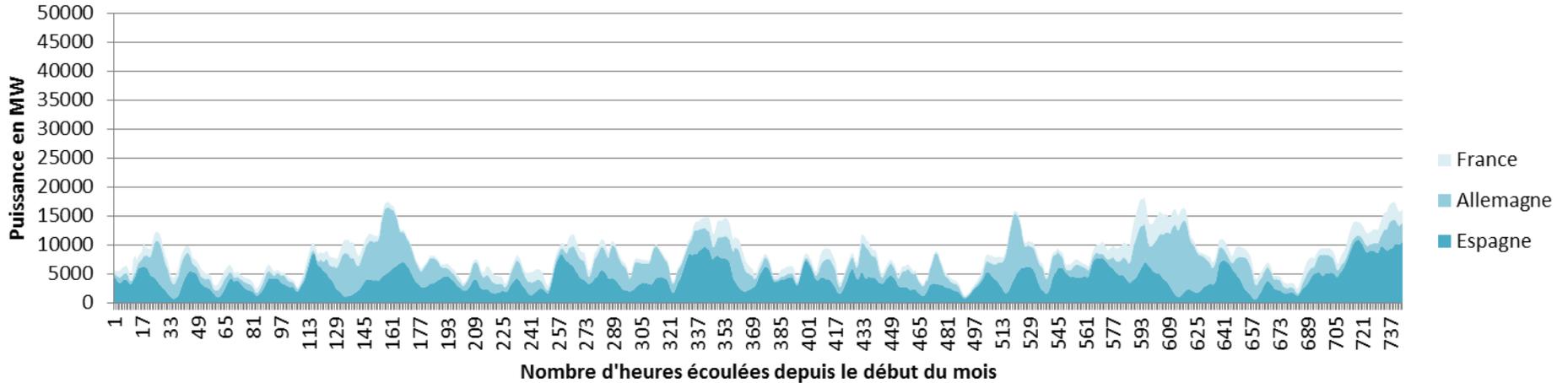
https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/previsions_eoliennes.jsp

Next generation
energy company

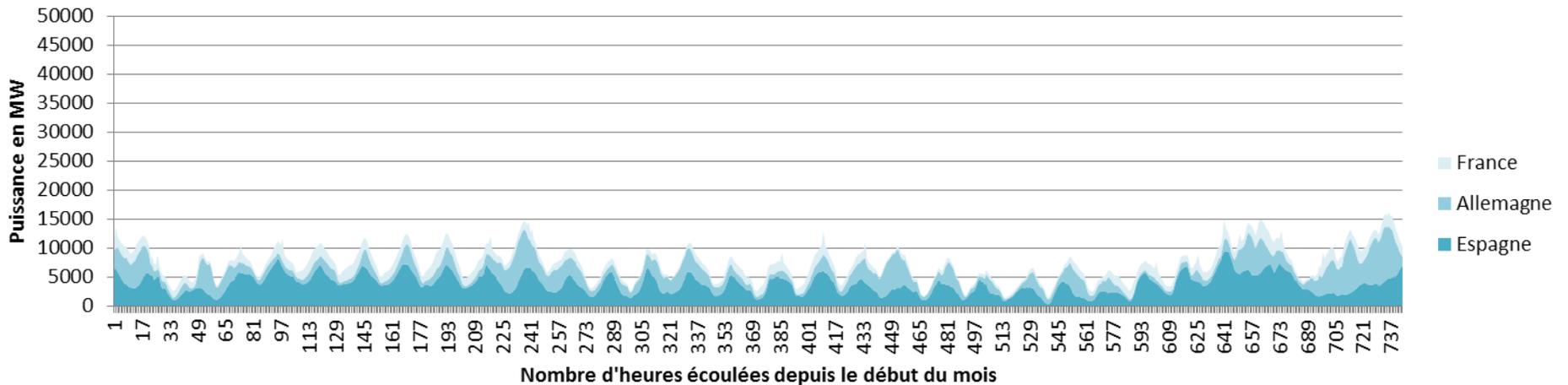


Illustration du foisonnement des régimes de vent Espagnols, Allemands et Français (3/3)

Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Août 2012



Empilement des productions éoliennes Espagnoles Allemandes et Françaises en Juillet 2013



Données sources :

Données espagnoles ?

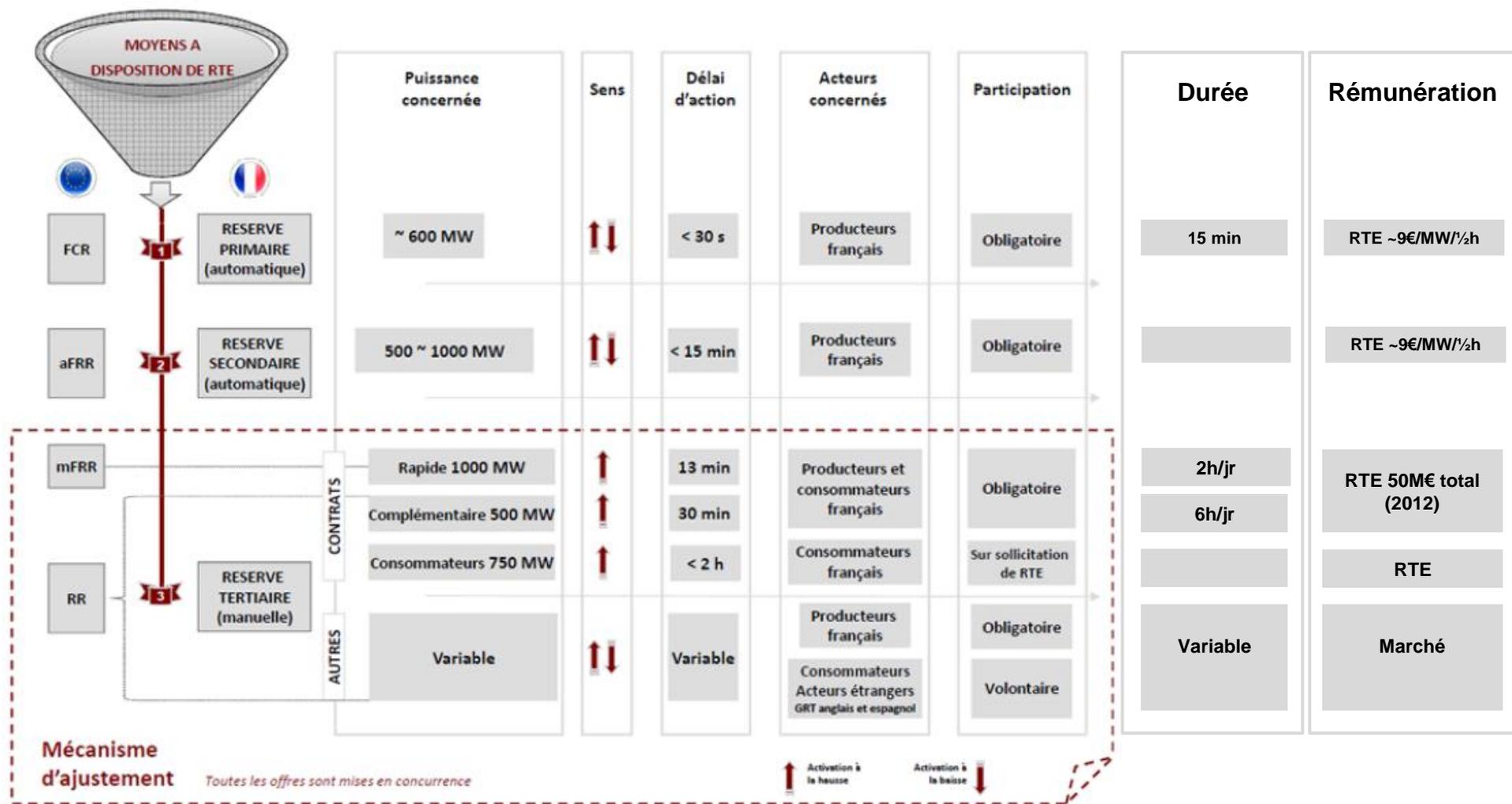
<https://www.eex.com/en/market-data/market-data-download/>

https://clients.rte-france.com/lang/fr/visiteurs/vie/previsions_eoliennes.jsp

Next generation
energy company



Réserves d'équilibrage pour le système électrique en France



L'effet du foisonnement sur la production photovoltaïque en France

