



Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

## 26<sup>èmes</sup> Entretiens Jacques Cartier

### Colloque 10 - Les atouts de l'hydraulique dans la transition énergétique



**L'hydroélectricité, facilitateur du développement des  
énergies renouvelables dans le réseau électrique**





## Colloque 10 - Les atouts de l'hydraulique dans la transition énergétique

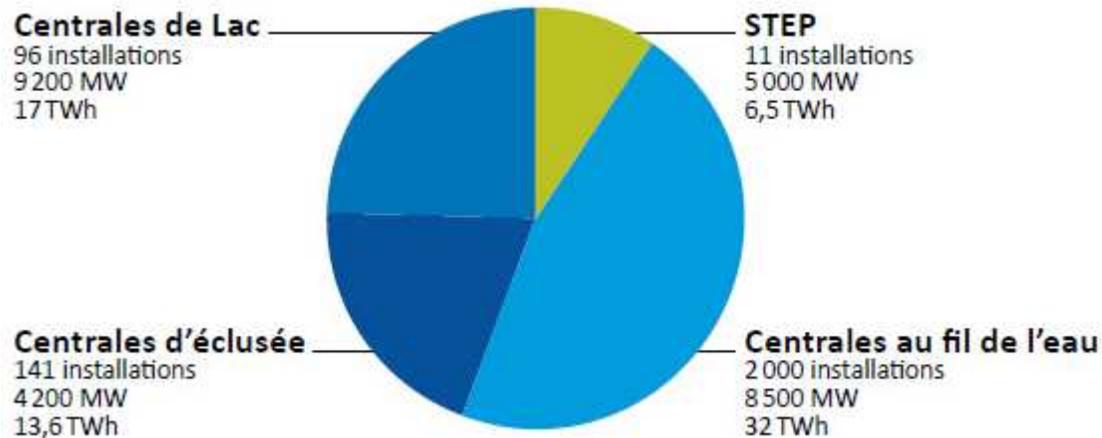


**...multiples avantages de l'hydroélectricité...: ses aménagements servent fréquemment à la régulation des cours d'eau au profit de l'irrigation, de la navigation ou de la récréation; ses capacités de stockage, avec ou sans pompage, sont extrêmement précieuses pour compenser l'irrégularité et l'intermittence des autres sources renouvelables → vrai aussi pour l'hydroélectricité au fil de l'eau**





## Répartition production hydroélectrique France



Source: SER

- **Lac: très flexibles, valeur de l'eau élevée. Participation au mécanisme d'ajustement**
- **Eclusées: réserve sur période courte (< 400 h)**
- **Stations de transfert par pompage: valeur de l'eau la plus élevée**
- **Fil de l'eau: énergie de base, non modulable et non stockable**





Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

# CNR: 1<sup>er</sup> producteur français d'électricité 100% renouvelable

- 2<sup>ème</sup> producteur français d'électricité
- Pôle hydraulique du groupe GDF SUEZ
- Puissance installée : 3 338 MW
- Puissance gérée: 4 200 MW (SHEM 774 MW, Photovoltaïque 40 MW, Petite Hydro 35 MW)
- Production hydroélectrique : 14.6 TWh / an (Rhône)

## Expertise en gestion d'énergie

- Système innovant de gestion de l'aléa des énergies renouvelables
- Responsable d'Equilibre du groupe GDF SUEZ en France
- Gestion de la production totalement informatisée
- Développement interne du système d'information



HYDROMET – SIH®

OPALE®

PHARE®

MAPI®

GIC®

GAIPAR®

DEMETER®

OSCAR®

INTRANET TELECONTROL®

OSIRIS®

INARI®

APOGEES®

...



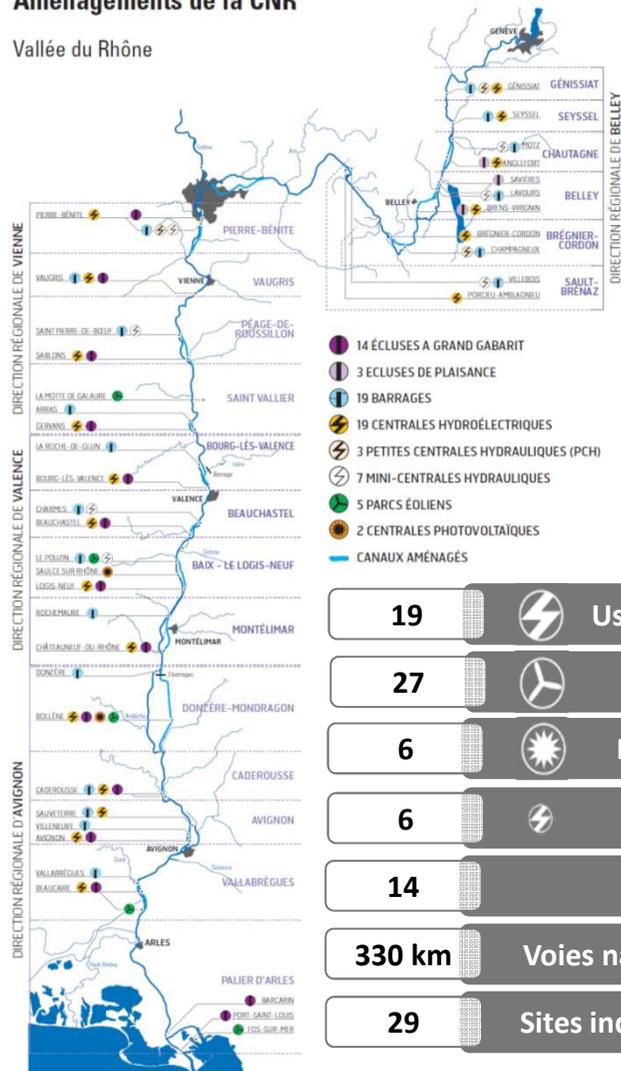


Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

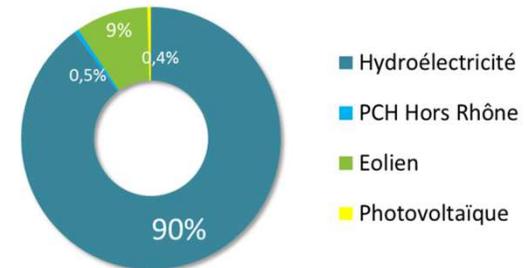
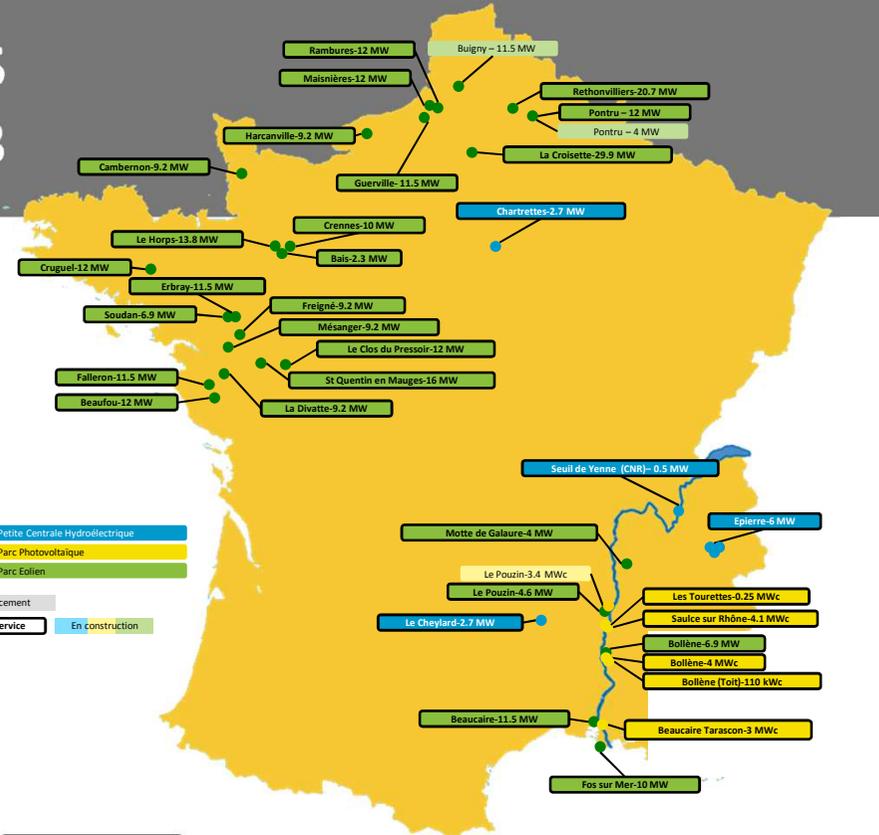
# PARCS et PROJETS Novembre 2013

## Aménagements de la CNR

Vallée du Rhône



19		Usines hydroélectriques	3005 MW
27		Parcs éoliens	301.2 MW
6		Parcs photovoltaïques	14.9 MW
6		PCH hors Rhône	17.2 MW
14		Ecluses grand gabarit	
330 km		Voies navigables grand gabarit	
29		Sites industriels et portuaires	



**Energie certifiée 100 % renouvelable**





Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

# Acteur du Développement durable

## Missions

La CNR a reçu de l'Etat en 1934 la concession du Rhône pour l'aménager et l'exploiter selon trois missions solidaires: production, navigation, irrigation et autres usages agricoles

## Métiers

Concepteur, Aménageur, Exploitant, Producteur d'électricité, Gestionnaire du Rhône et d'actifs éoliens, photovoltaïques & hydroélectriques



## Autour du Modèle CNR

## Actions

Réalisations de sites industriels et portuaires, écluses, ports de plaisance, haltes nautiques, zones de loisirs...

Production d'électricité 100% renouvelable  
Engagements forts pour l'environnement et le développement des ENR

## Méthodologie

Programme ambitieux de Missions d'Intérêt Général





Compagnie Nationale du Rhône  
L'ENERGIE A L'ETAT PUR

# Hydraulique et gestion de l'intermittence

**Le modèle CNR: un modèle issu des  
contraintes des ENR intermittentes**





Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

# Du modèle Rhône au modèle CNR: Gestion des ENR dans le marché

## Evolution



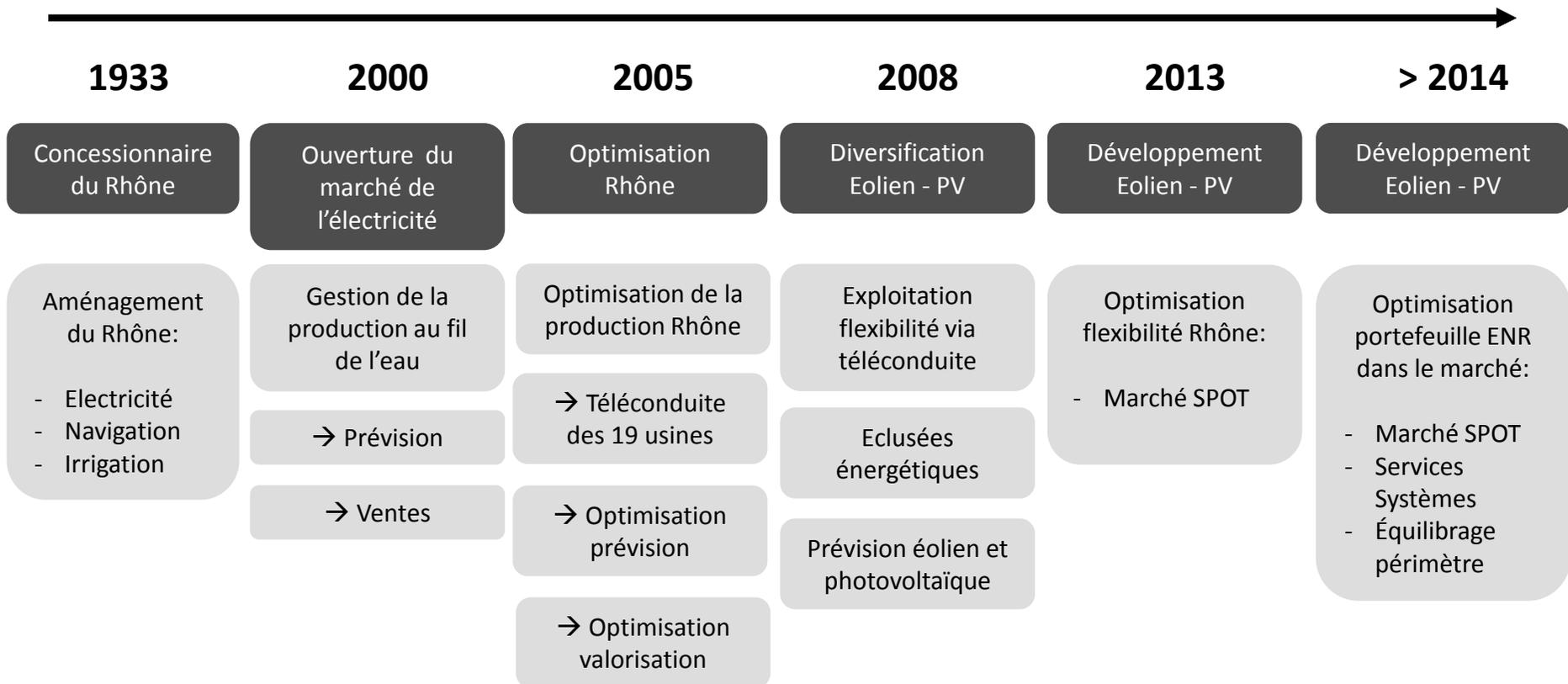
Tiers:

Optimisation de la  
SHEM

2009

Prévisions PV GP-  
Joule 40 MW

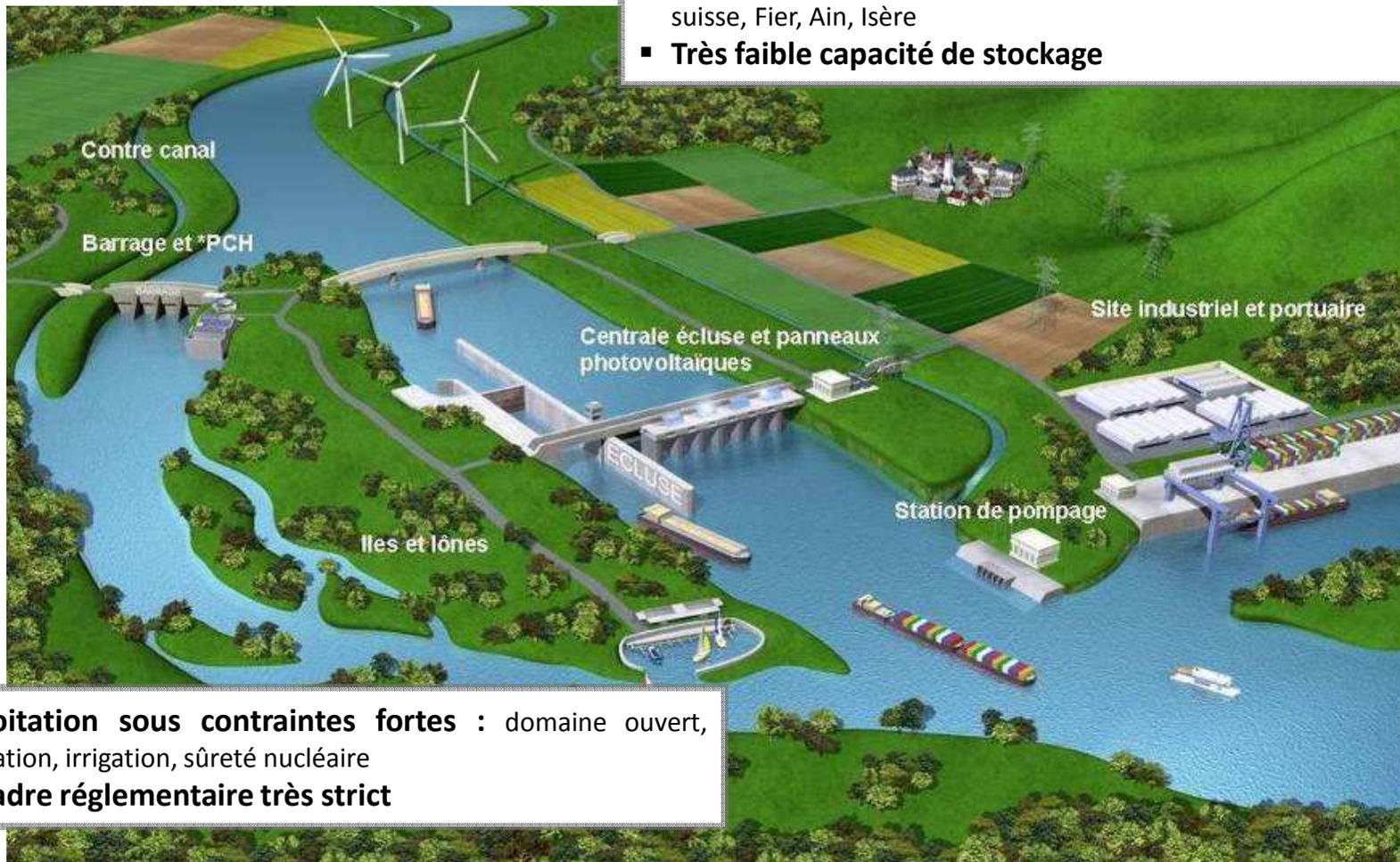
2012





## Hydraulique de type éclusées

- Aléas : hydrométéorologie, aménagements à l'amont : Rhône suisse, Fier, Ain, Isère
- Très faible capacité de stockage



**Exploitation sous contraintes fortes** : domaine ouvert, navigation, irrigation, sûreté nucléaire  
→ **Cadre réglementaire très strict**



### Contraintes

- **Risque de volume structurel:**
  - production annuelle Rhône entre 10 et 19 TWh/an (moyenne à 14.6 TWh, 2011 à 10.5 TWh, 2013 à 18 TWh ?)
  - La gestion annuelle de l'énergie des ENR doit être optimisée de manière spécifique

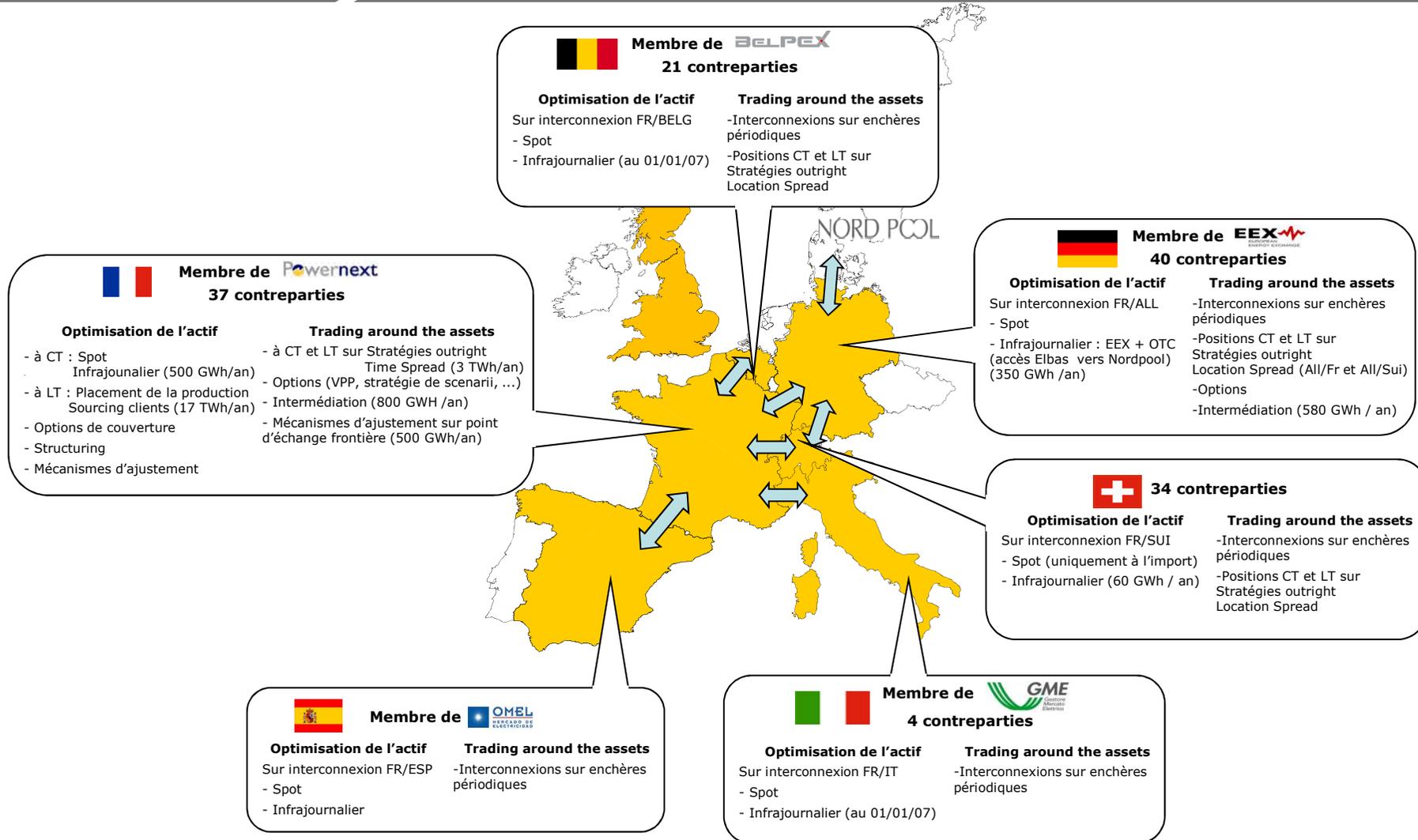
### Solutions

- Recours au marché de gros → vendre efficacement la production des ENR. Liquidité, profondeur et typologie de produits (horaire à annuel) bien adaptées aux ENR. Existence indispensable pour éviter de perdre une partie de l'énergie des ENR dont le coût marginal est proche de 0 (optimum sociétal)
- Fourniture de l'énergie aux acteurs de marchés ou utilities → liquidité et profondeurs suffisantes
- Segmentation actuelle du marché de l'électricité (certificats de garantie d'origine): ne nécessite pas de force commerciale importante



# Risque de volume structurel

## Recours au marché de gros





### Contraintes

- **L'engagement de la production à terme doit être limité (risque asymétrique)**

### Solutions

- **Vision précise de la météo et de son impact sur la production des ENR pour le bouclage de la position résiduelle ouverte à court terme**
- **Développement d'une politique de risques adaptée**



### Contraintes

- Variabilité du volume des ENR également dans le court terme (intra-journalier)
- Très faible capacité de stockage sur le Rhône (régime de fil de l'eau)
- Stockage de l'éolien et du photovoltaïque pas encore dans le marché

### Solutions

→ Utilisation de la flexibilité du Rhône:

- Pour déplacer de l'énergie pour la vendre face à la demande, donc sur les meilleurs prix (éclusées énergétiques)
- pour équilibrer le périmètre d'équilibre ENR vis-à-vis de RTE

→ Anticipation des prix de marché via l'accès au marché CNR





accueil

prix

export

### Prix Forward court terme – Marché Français

**Option d'affichage**

Jour début : J

Jour fin : J+6

**Prix J+1 :**

PowerNext

Forward

Rafraichir

	J	J+1	J+2	J+3	J+4	J+5	J+6	
	vendredi	samedi	dimanche	lundi	mardi	mercredi	jeudi	
Heure	04/01/2013	05/01/2013	06/01/2013	07/01/2013	08/01/2013	09/01/2013	10/01/2013	Heure
1	33.93	40.66	26.64	38.76	39.74	38.74	37.43	1
2	29.02	32.3	24	36.07	34.06	33.2	32.08	2
3	24.71	26.6	14.88	24.23	33.55	32.7	31.59	3
4	15.99	19.76	10.08	16.15	27.87	27.17	26.25	4
5	12.77	14.44	10.08	13.46	22.71	22.14	21.39	5
6	20.71	17.48	9.84	32.84	35.1	34.21	33.05	6
7	34.52	26.6	9.6	44.15	42.84	41.76	40.34	7
8	46.49	36.1	15.36	62.06	61.94	61.13	62.14	8
9	50.04	38.76	18.24	62.06	60.13	61.13	62.14	9
10	49.04	40.28	26.64	59.2	59.61	60.6	61.59	10
11	50.91	40.66	28.08	61.59	59.08	60.07	61.05	11
12	52.29	43.32	28.56	61.59	59.61	60.6	61.59	12
13	52.35	45.6	28.8	60.15	57.52	58.47	59.43	13
14	49.39	41.04	27.6	55.38	54.9	55.82	56.73	14
15	46.51	40.28	27.36	51.56	54.38	55.29	56.19	15
16	43.18	40.28	20.88	49.17	52.29	53.16	54.03	16
17	42	41.04	22.56	52.04	54.38	55.29	56.19	17
18	51.56	49.78	30.96	63.97	71.63	72.83	74.02	18
19	56.96	56.62	36.48	66.84	71.63	72.83	74.02	19
20	54.52	52.44	38.4	64.45	64.84	65.92	67	20
21	49.05	45.6	31.68	63.85	61.94	60.53	59.12	21
22	40.42	39.52	28.8	57.41	57.29	55.99	54.69	22
23	42.48	40.66	30	51.51	56.77	55.48	54.19	23
24	42.95	42.18	30.48	51.51	54.19	52.96	51.73	24
Prix BSL	41.32	38	24	50	52	52	52	Prix BSL
Prix PKL	49.9	44.17	27.88	59	60	61	62	Prix PKL
Classement	5	6	7	4	1	1	1	Classement

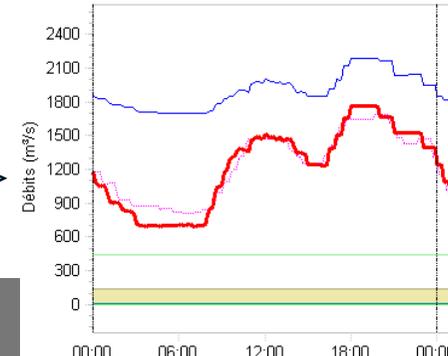
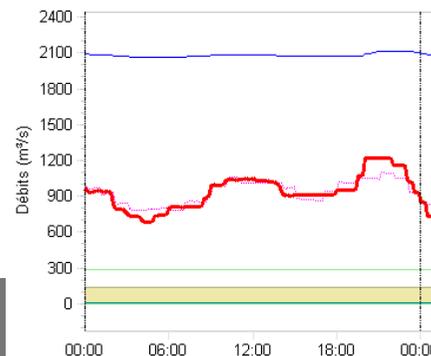
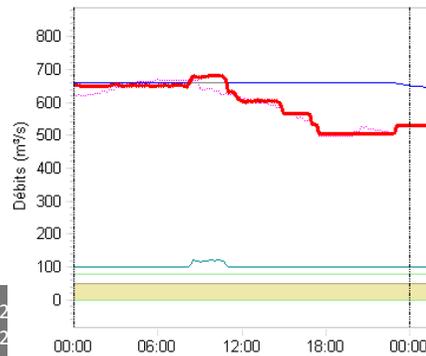
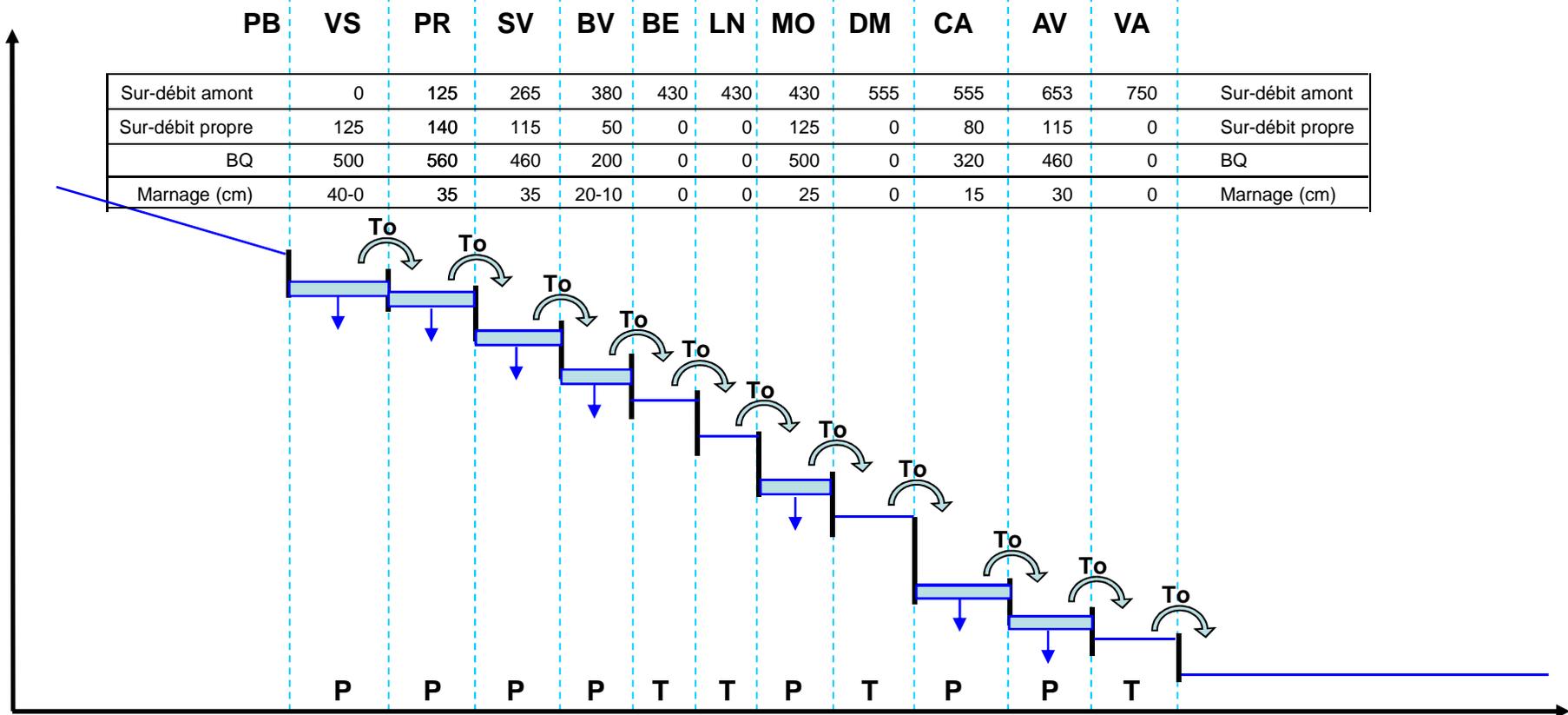
Prix PowerNext pour J, puis Courbe Forward du 04/01/2013





# Variabilité à court terme

## Valorisation de la flexibilité



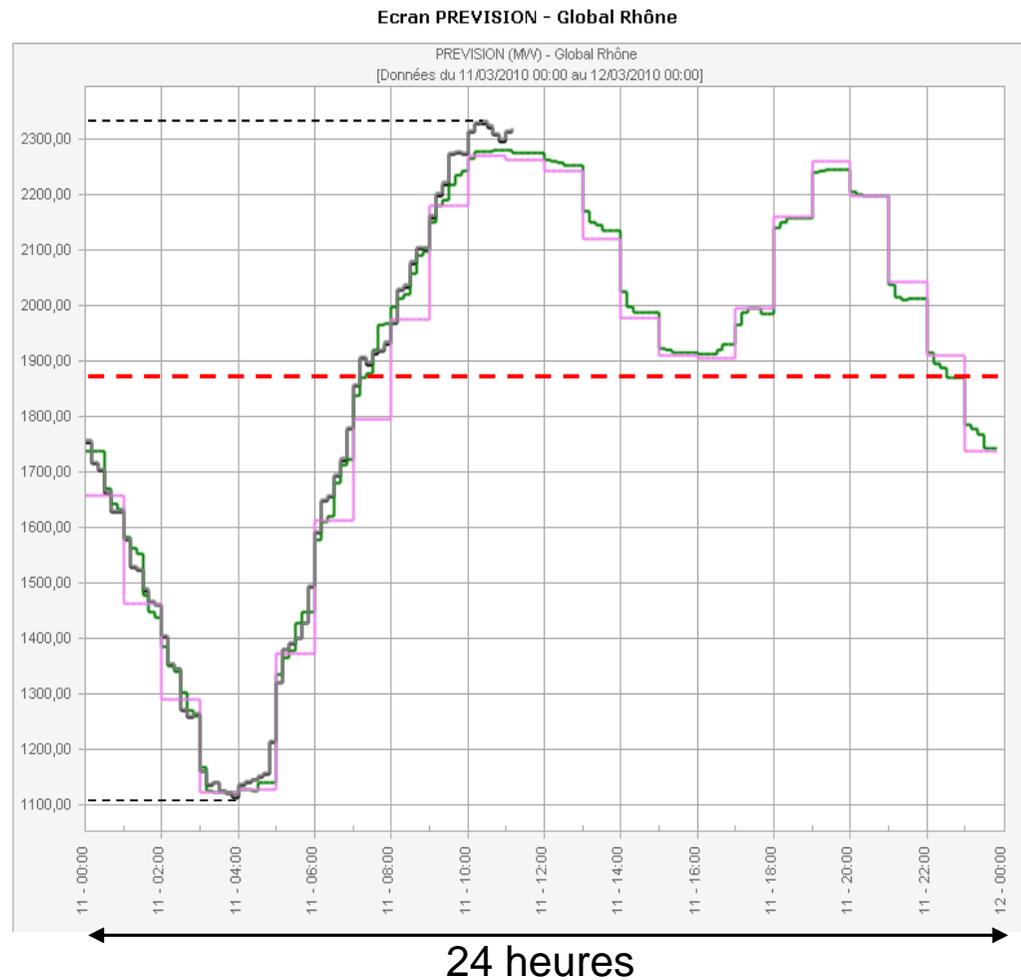


Traduction en terme de production d'énergie :

2300 MW

Puissance moyenne 1875 MW

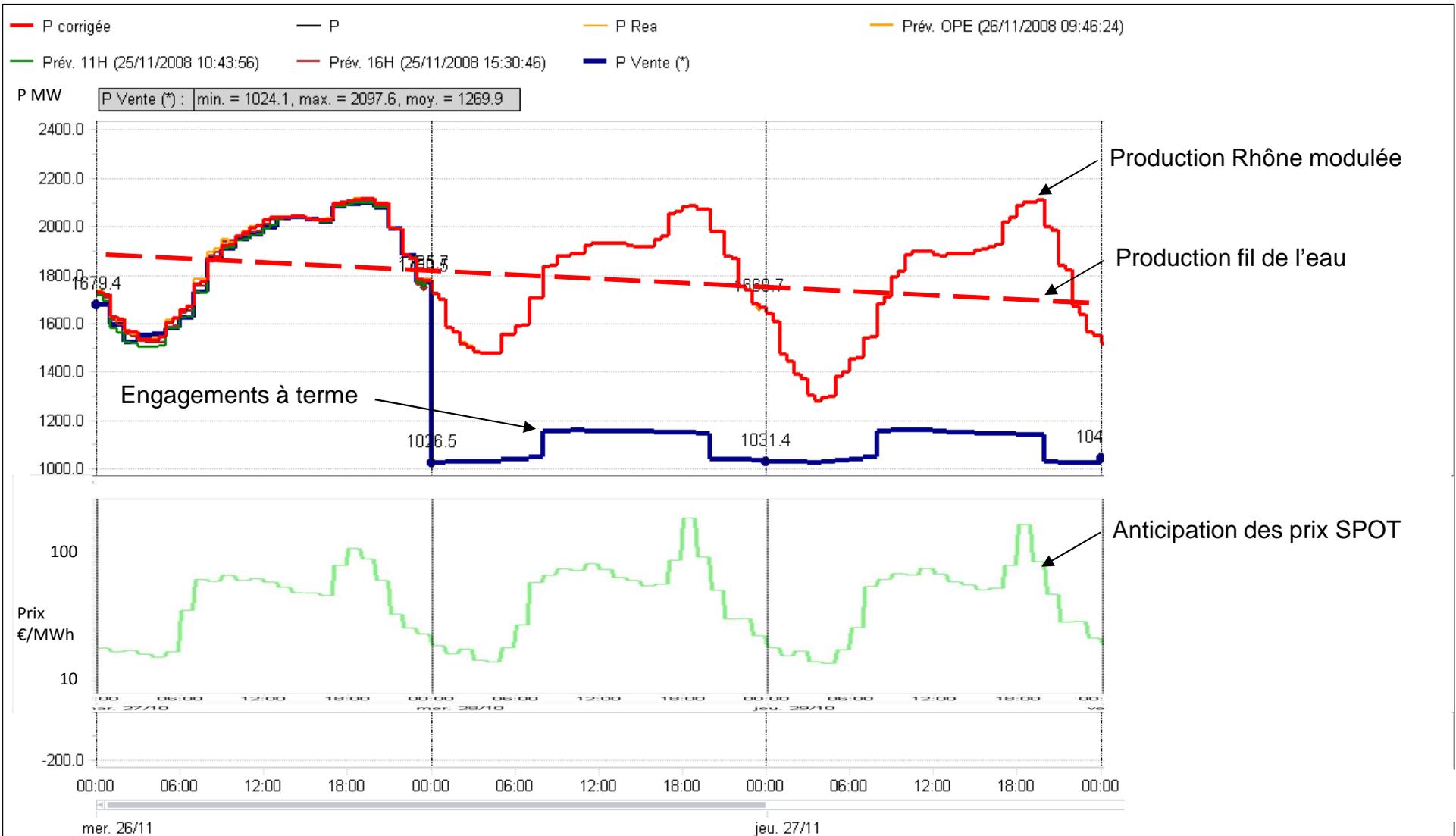
1100 MW





# Variabilité à court terme

## Valorisation de la flexibilité



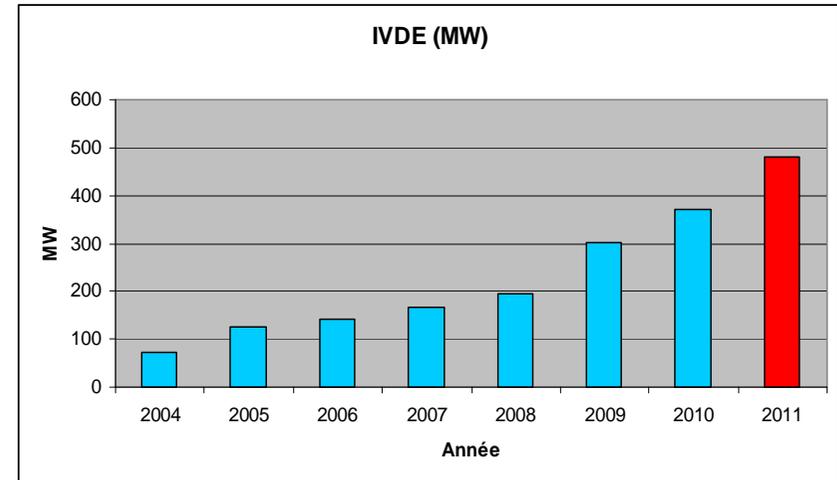


# Variabilité à court terme

## Valorisation de la flexibilité

### Indicateurs:

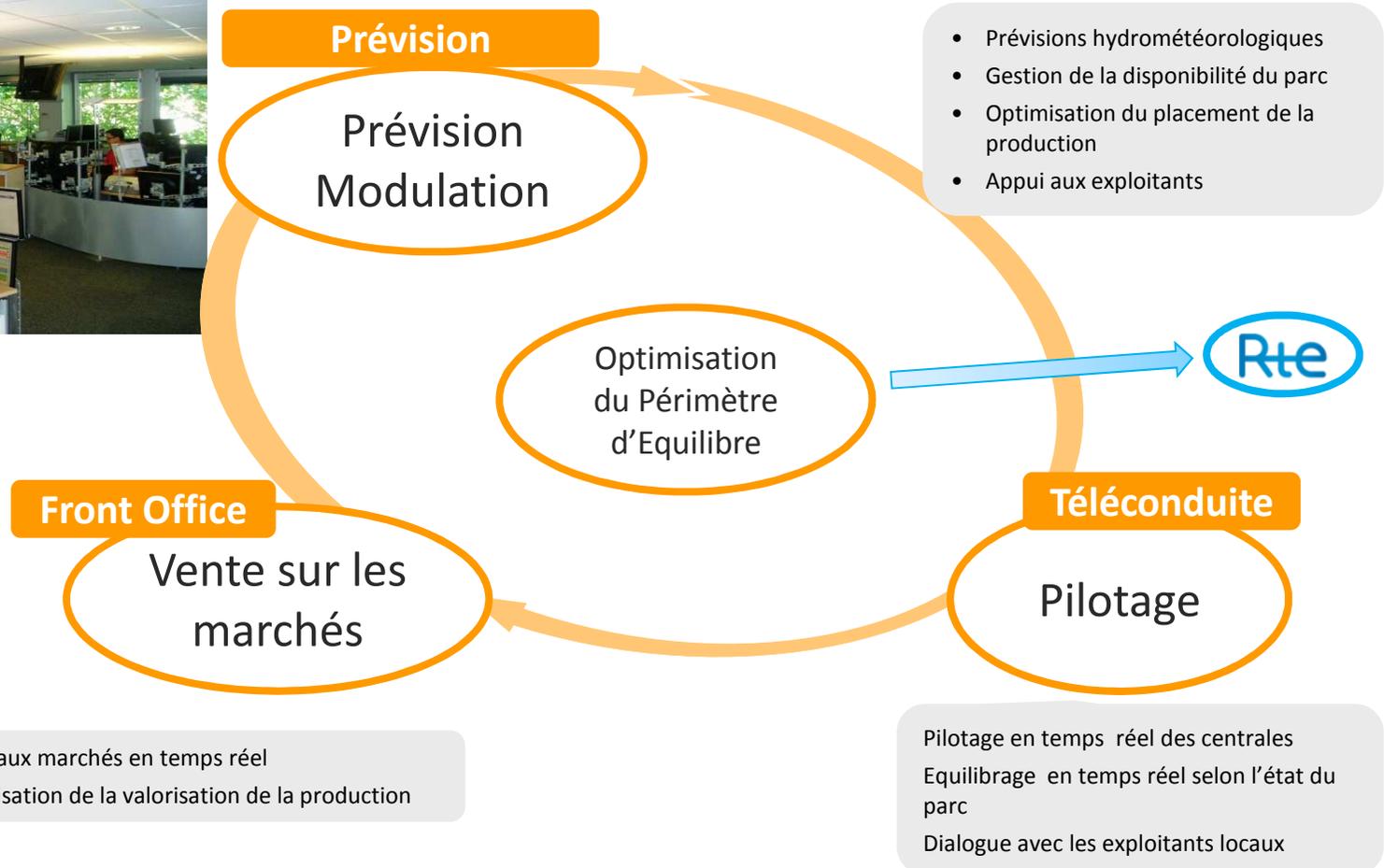
- Puissance moyenne: 1620 MW
- P 50 (Pmax-Pmin) = 1000 MW
- P10 (Pmax-Pmin) = 1300 MW
- Ecart moyen journalier < 3%
- Déplacement d'énergie Off Peak – Peak: 420 MW





### Organisation opérationnelle

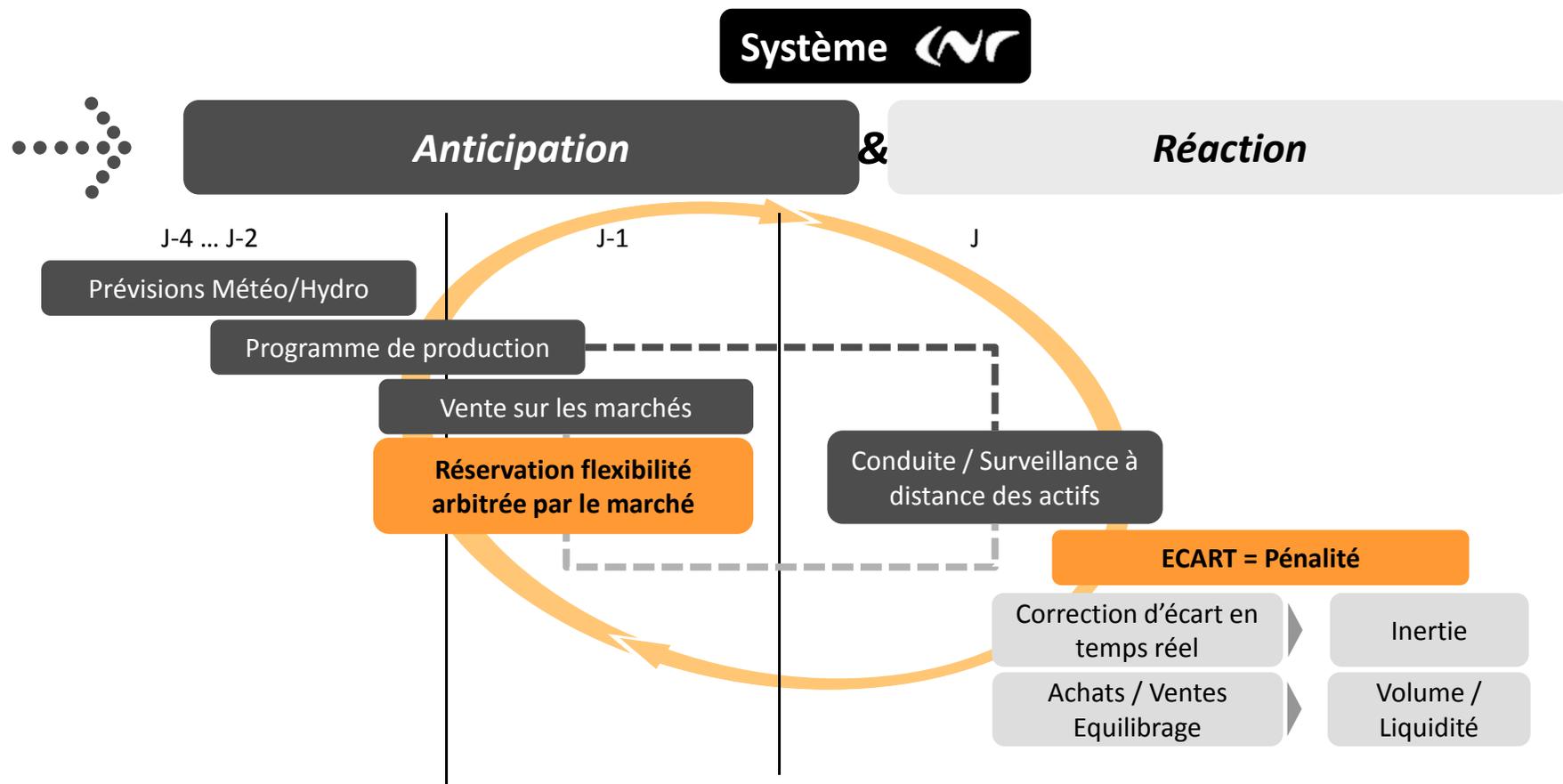
→ Organisation: Gestion de l'énergie intégrée, de la prévision à la commercialisation





### Organisation opérationnelle

→ Organisation: Gestion de l'énergie intégrée, de la prévision à la commercialisation





### Contraintes

- Les moyens de stockage sont encore trop chers

### Solutions

- Gestion spécifique des ENR pour les rendre efficace économiquement, notamment éviter les pertes de ventes de la production
- Prévision météo, méthodes innovantes dédiées à la prévision des ENR intermittentes → Plateforme de prévision APOGEES
- Modèle Rhône, déploiement sur l'éolien et le PV → MODELE CNR
- 4 prévisionnistes météorologues réalisant les prévisions de production du Rhône ainsi que des parcs éoliens et photovoltaïques – Expertise des modèles pour réduire les écarts de prévision



Compagnie Nationale du Rhône  
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

# Variabilité à court terme

## Prévision météo dédiée pour réduire les écarts

**Energie vendue = Energie prévue + Ecart**



- Objectifs :**
- Réduction des Ecart → impact sur dimensionnement des moyens de correction de l'intermittence
  - Prévion ordre de grandeur des Ecart → impact sur optimisation
  - Réduction des Ecart en « Intraday » → stratégie de correction





**Contrainte:** réduire les écarts dus à l'intermittence élevée de l'éolien et du PV

## Solutions

→ gérer dans un même portefeuille les 3 types de production pour bénéficier au maximum des effets de foisonnement statistique des écarts.

- **Ex: foisonnement des écarts sur 3 parcs éoliens**

→ Pour une ferme éolienne, erreur relative moyenne (MAE échéance SPOT) ~ 45%

→ Pour 3 fermes bénéficiant de régimes de vents différents, MAE réduite à 30%

- **Ex: foisonnement des écarts d'un portefeuille constitué de 430 MW d'éolien, 100 MW de PV et du Rhône (3000 MW)**

→ Sans foisonnement, la moins-value des écarts atteindrait 6.6 M€ / an

→ Avec l'effet de foisonnement maximal, la moins-value des écarts baisse à 3.8 M€ / an, soit une réduction de 42%

→ Au-delà du foisonnement statistique des écarts, une réduction dynamique des écarts de RE peut être réalisée via la flexibilité du Rhône, à coût marginal faible

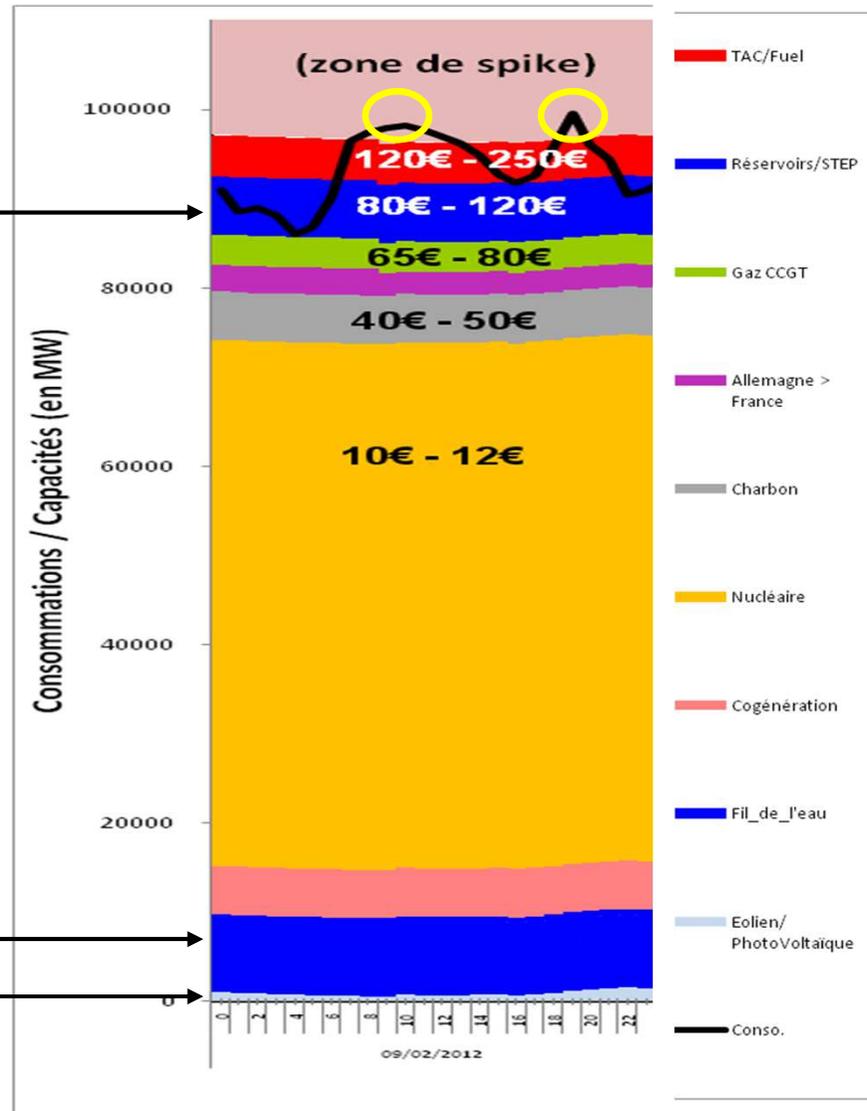




Réservoir, STEP

Fil de l'eau

Eolien, PV



**Coût marginal approx.  
1 MWh en € /MWh**

Eolien = 0 €, PV=0 €

Nucléaire = 11 €

Gaz= 50 €

Charbon = 45 €

Fuel = 120 €

Hydro fil de l'eau = 0 €

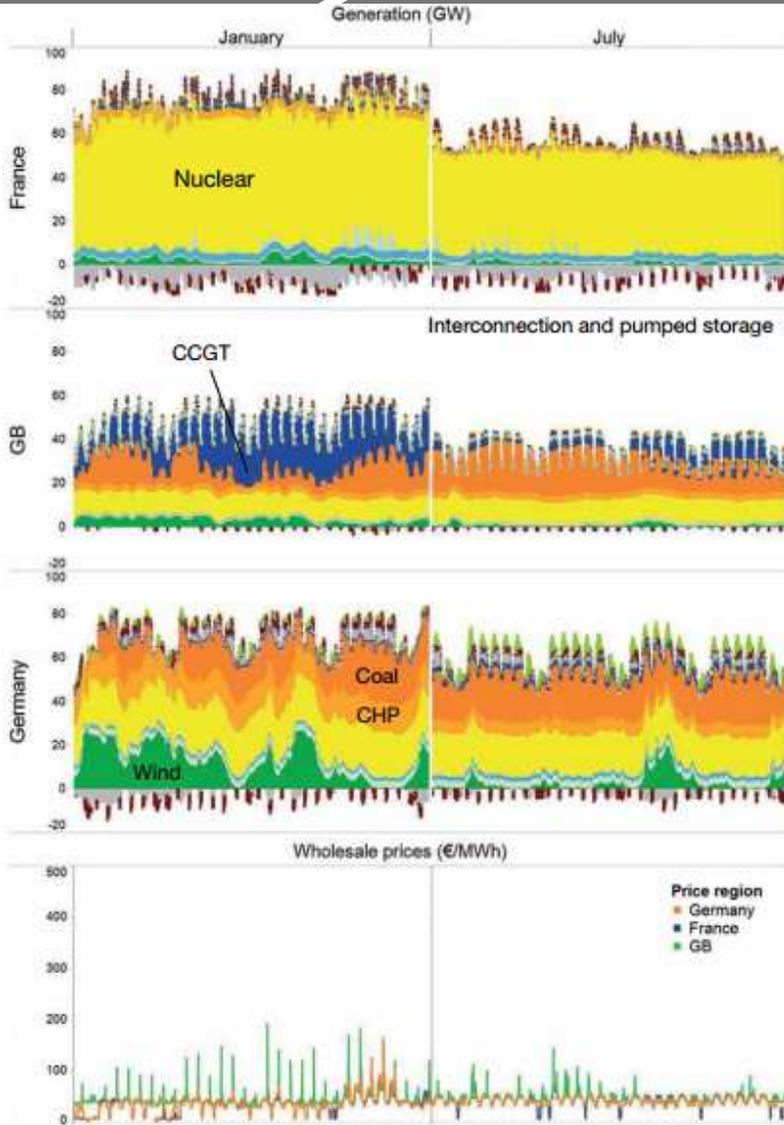
Hydro réservoir = coût  
d'opportunité



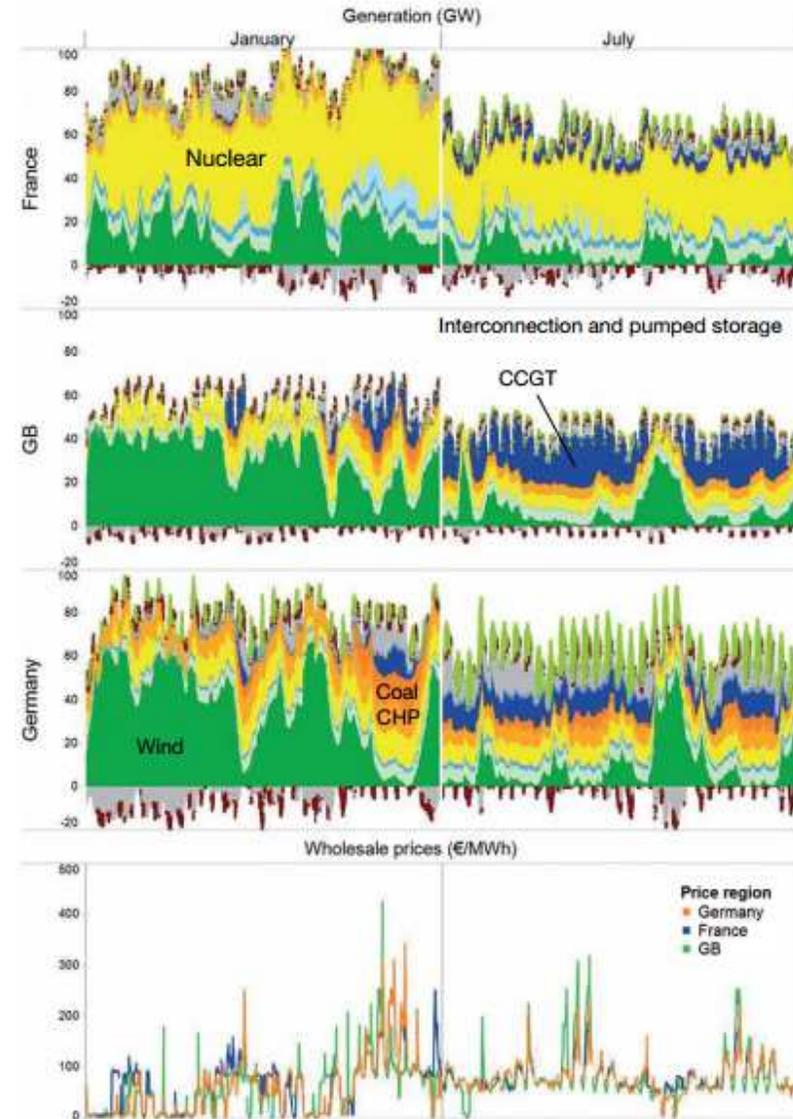


# Marché de l'électricité et intermittence

2010

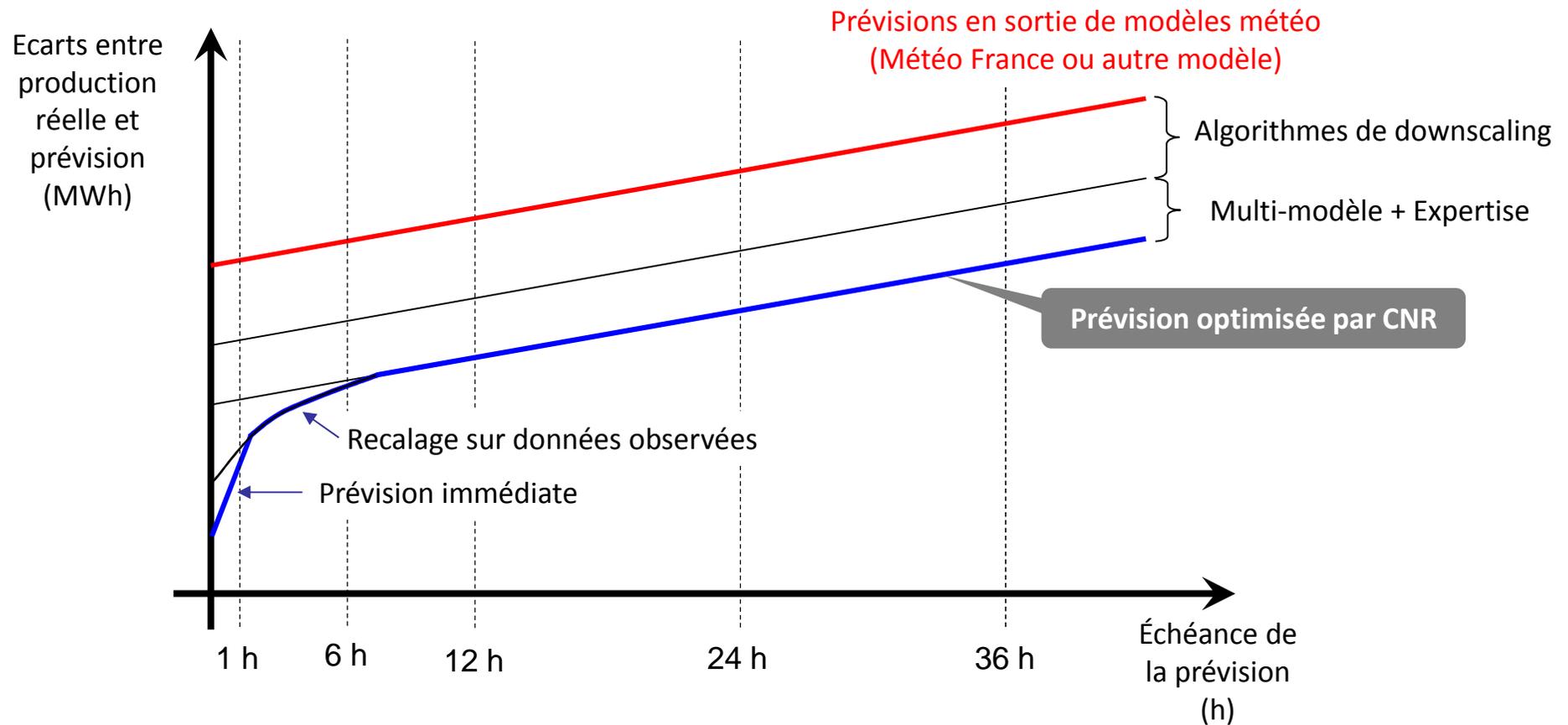


2030



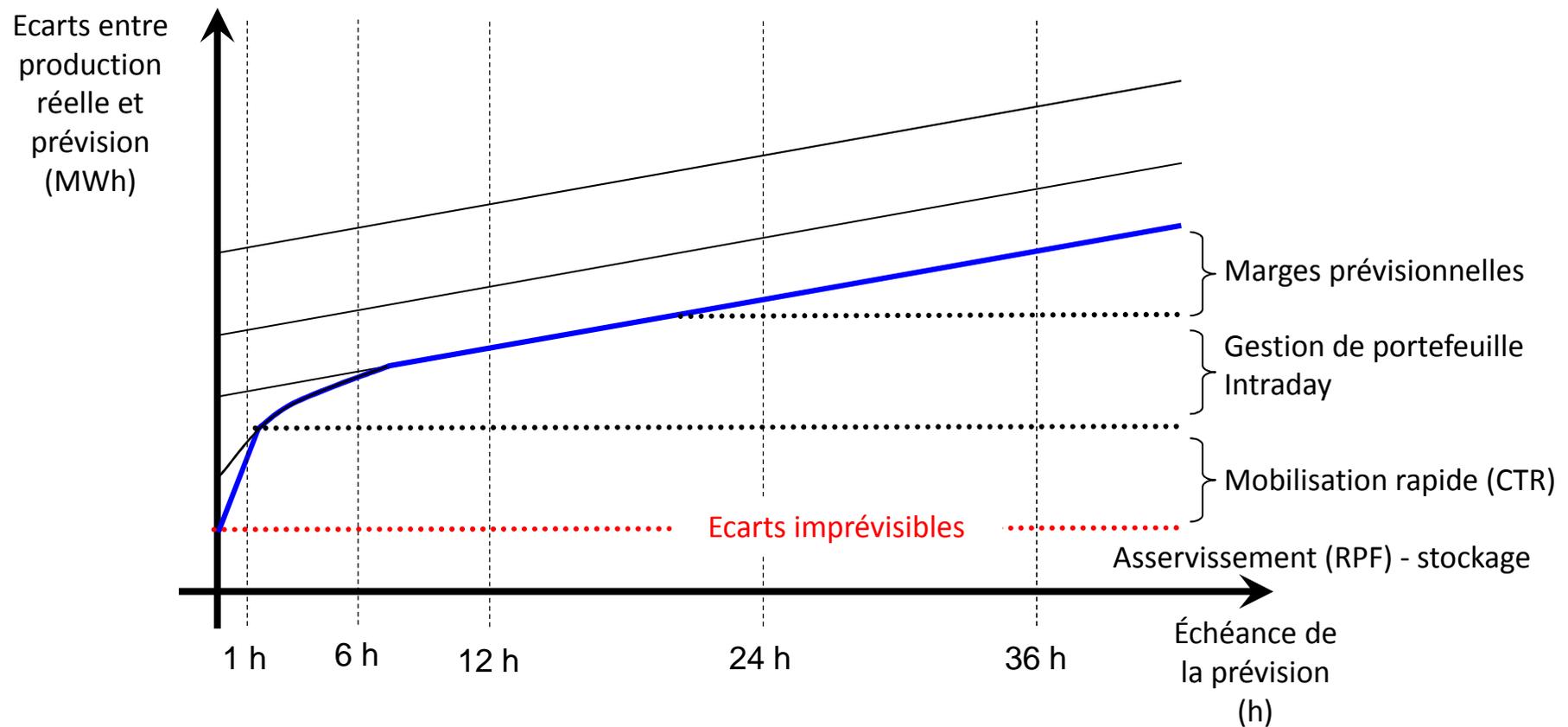


### Modèles permettant la réduction des écarts de prévision





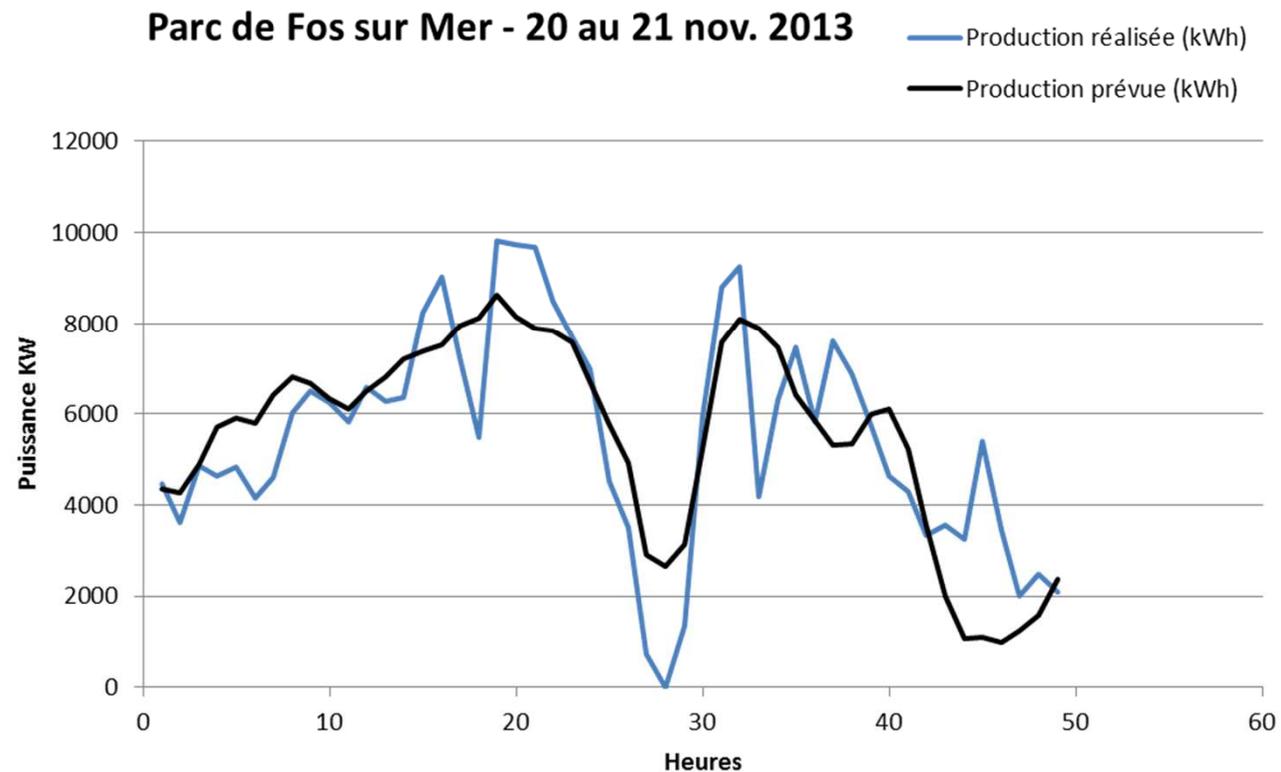
### Différents moyens de gestion opérationnelle des écarts résiduels





### Gestion opérationnelle des écarts

Écart en énergie nul sur la journée → compensation hydraulique idéale

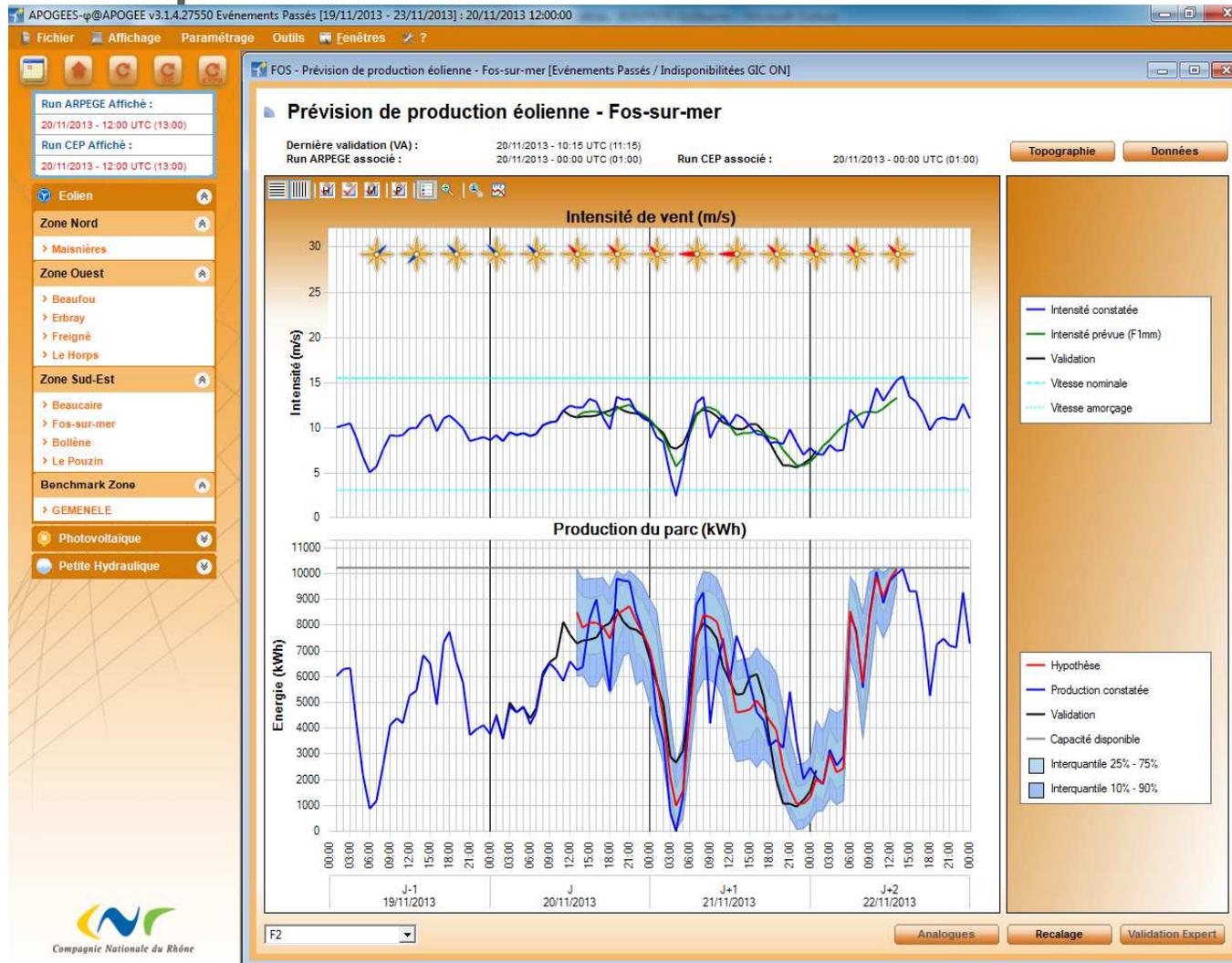




# Variabilité à court terme

## Réduction dynamique des écarts

### Gestion opérationnelle des écarts





Compagnie Nationale du Rhône  
L'ENERGIE A L'ETAT PUR

# Variabilité à court terme

## Réduction dynamique des écarts, autres moyens

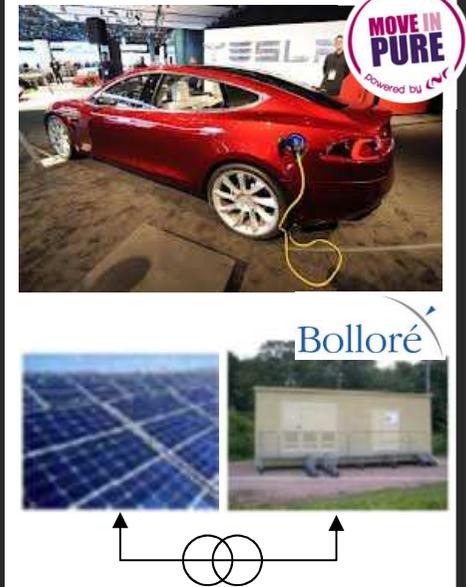
### Production Renouvelable



### Prevision, production programmes, ventes



### Pilotage recharge Véhicules électriques



Outils CNR de gestion d'énergie

Stockage

# Equilibre





## L'intermittence des ENR va nécessiter beaucoup de flexibilité:

- marché de gros, vers le temps réel
- gestion de la demande (smart grids)
- stockage (hydraulique, batteries, power to gaz, H2...)
- réseaux de distribution et transport, interconnexions
- actifs flexibles dont hydraulique, y compris fil de l'eau

### Rhône au fil de l'eau:

- 90 MW de réserve primaire (RPF) – 80 échangeables
- Flexibilité de +/- 400 MW sur 12 h





**Merci de votre attention**

