



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

26^{èmes} 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

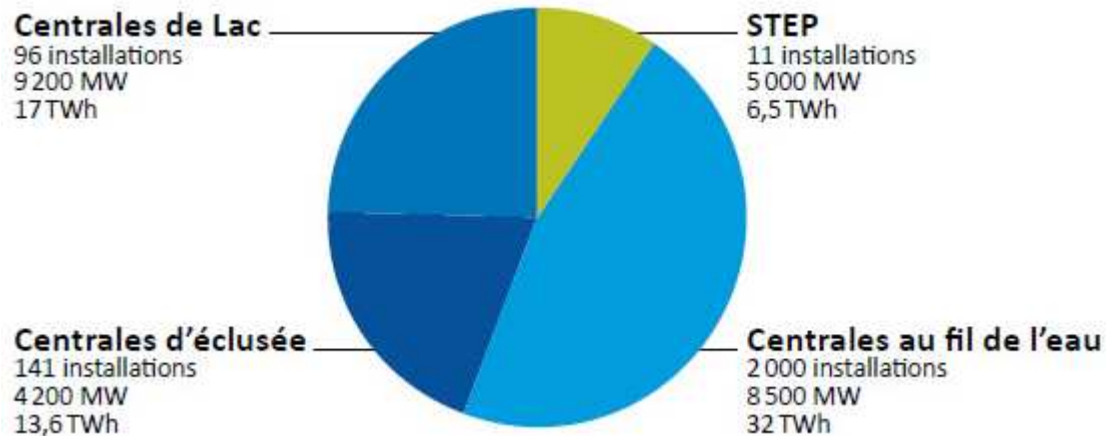


...multiples avantages de l'hydroélectricité...: ses aménagements servent fréquemment à la régulation des cours d'eau au profit de l'irrigation, de la navigation ou de la récréation; ses capacités de stockage, avec ou sans pompage, sont extrêmement précieuses pour compenser l'irrégularité et l'intermittence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





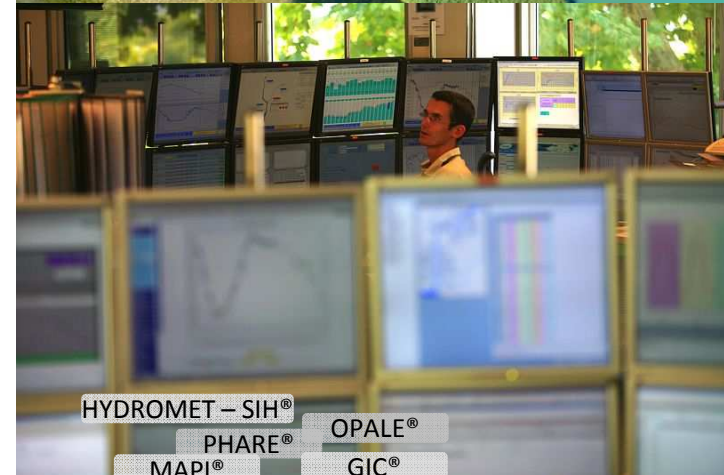
Compagnie Nationale du Rhône
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

CNR: 1^{er} producteur français d'électricité 100% renouvelable

- 2^{ème} 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®
...



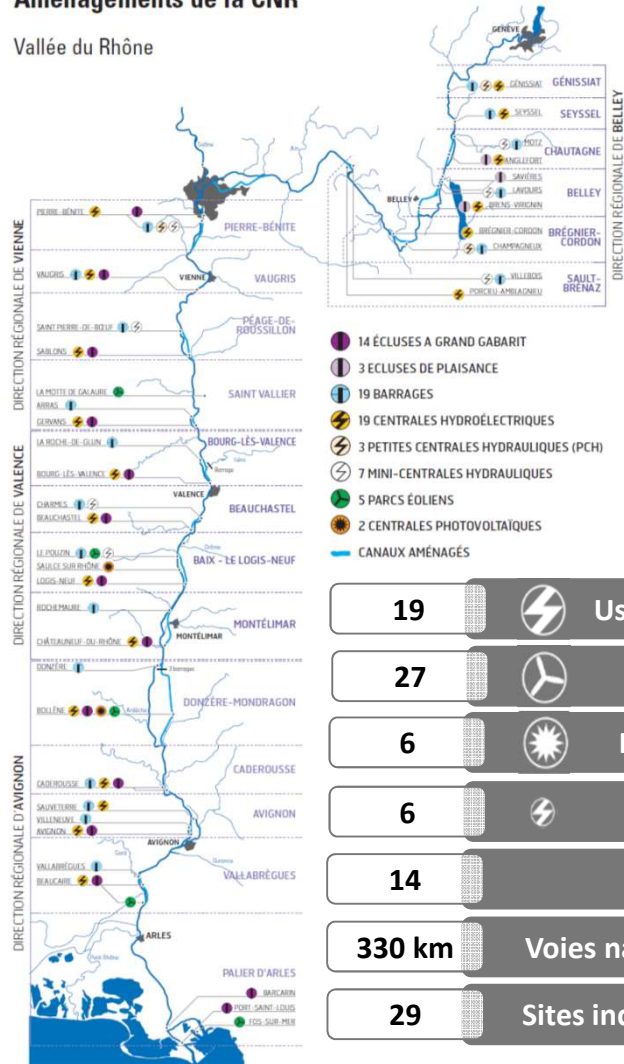


Compagnie Nationale du Rhône
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

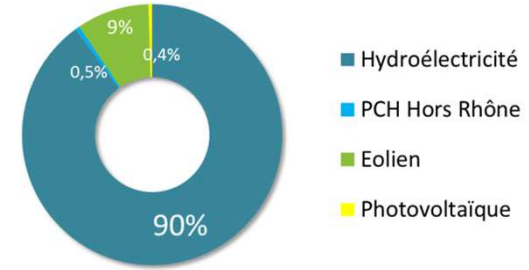
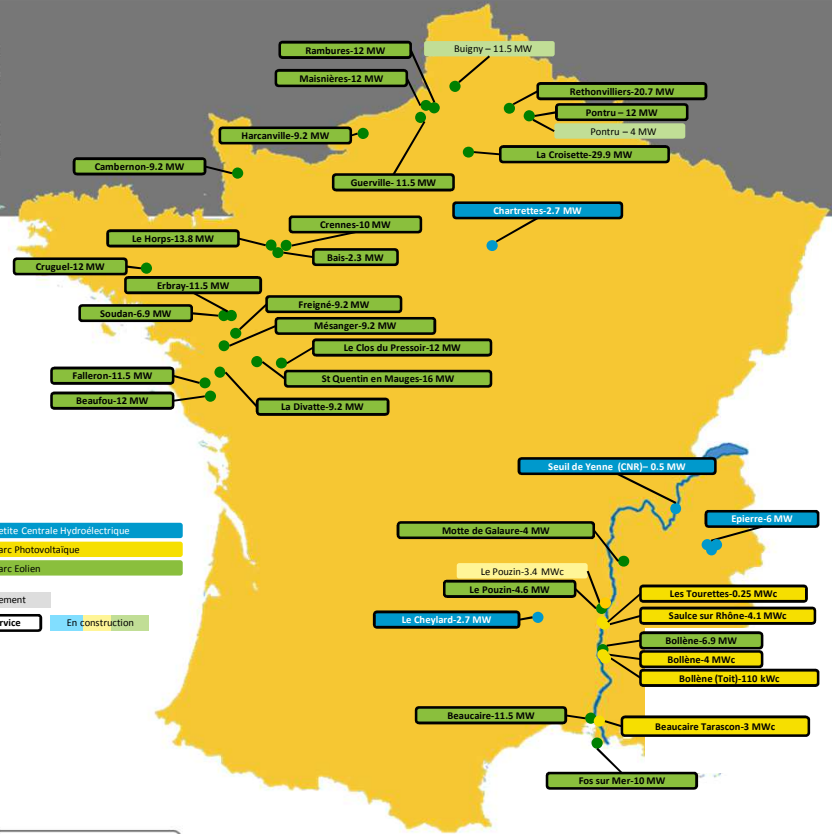
PARCS et PROJETS Novembre 2013

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



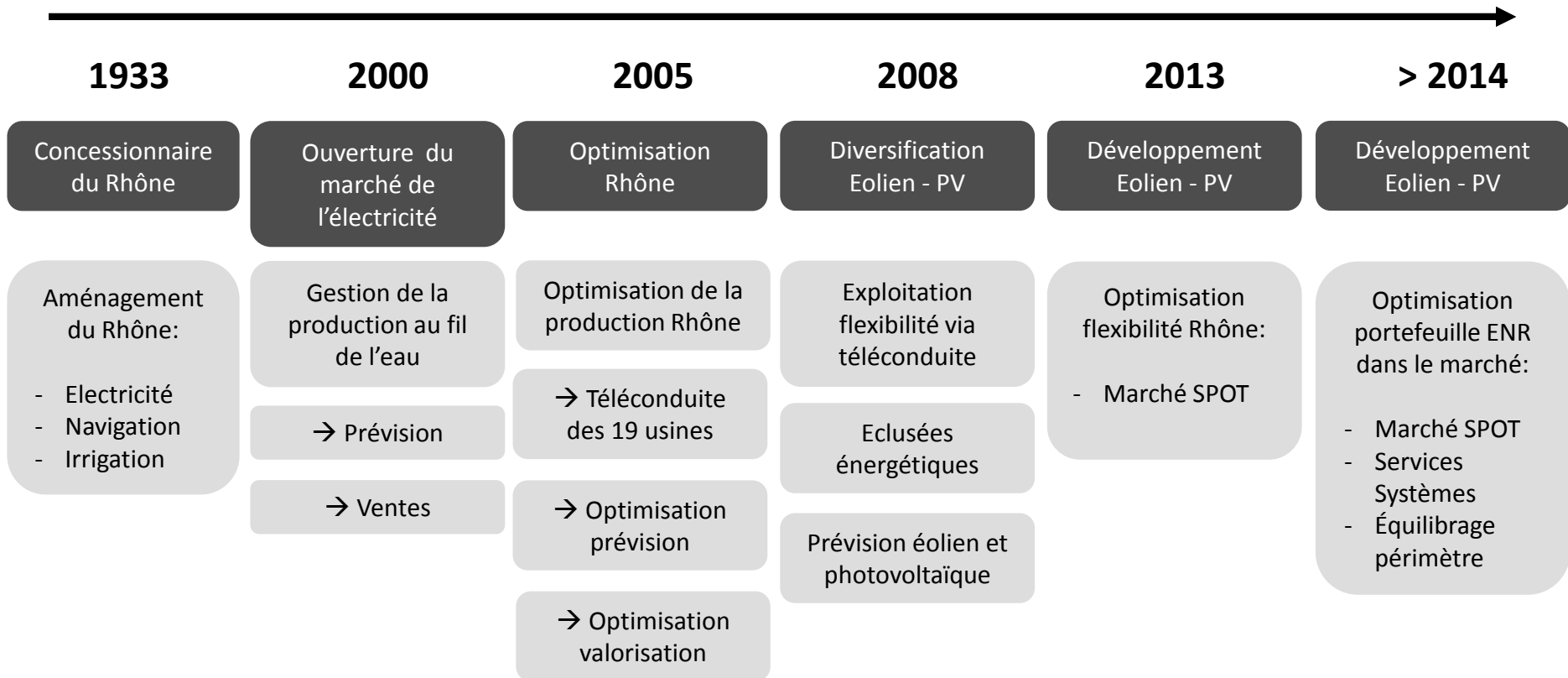
Tiers:

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

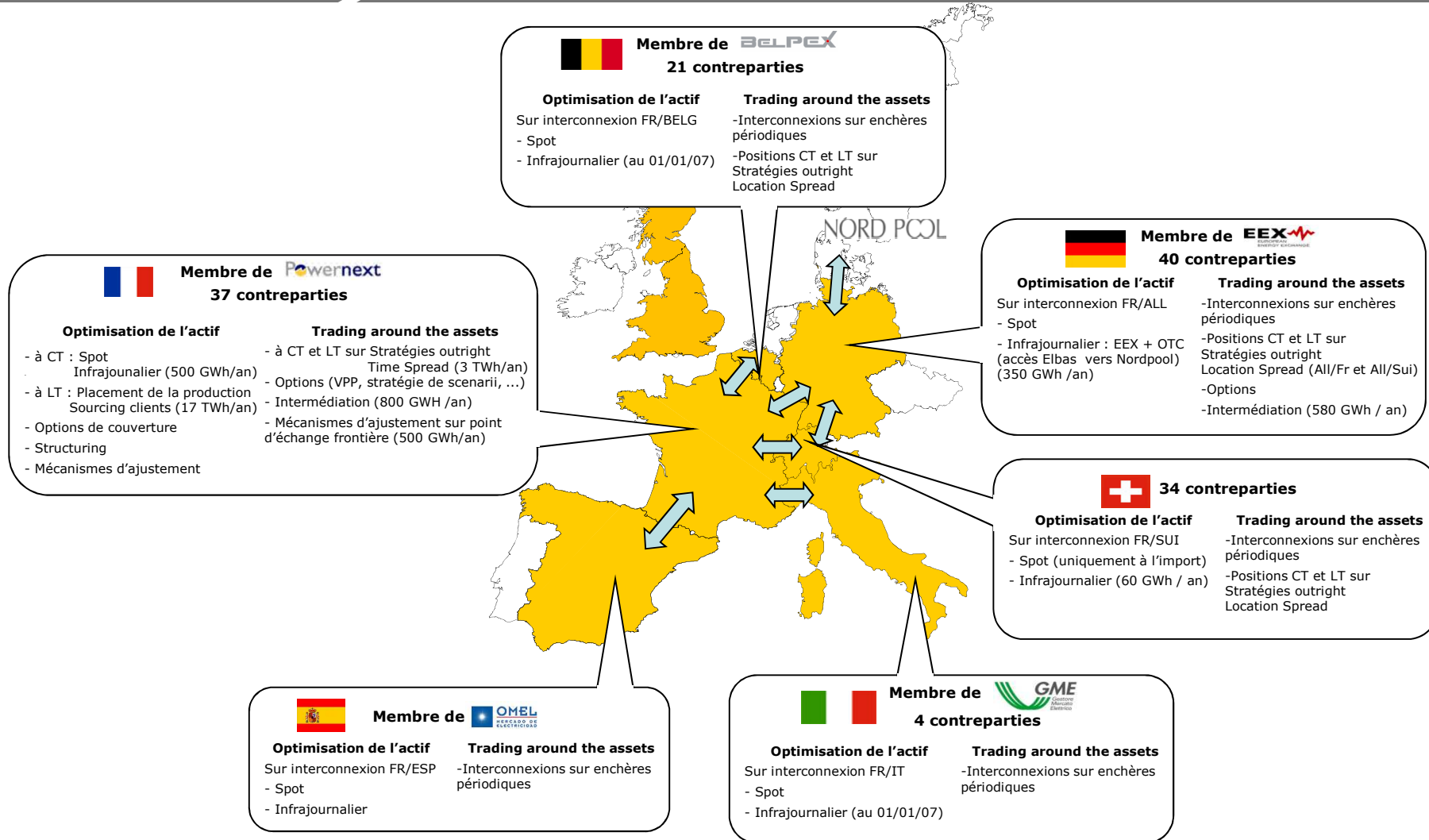
Solutions

- **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 (intrajournalier)
- 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

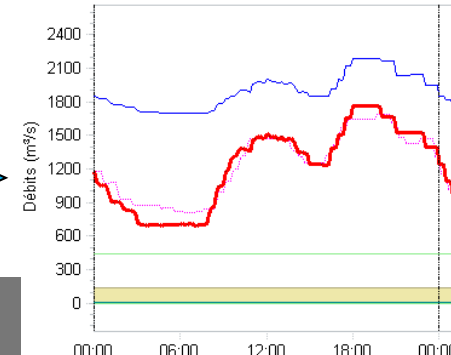
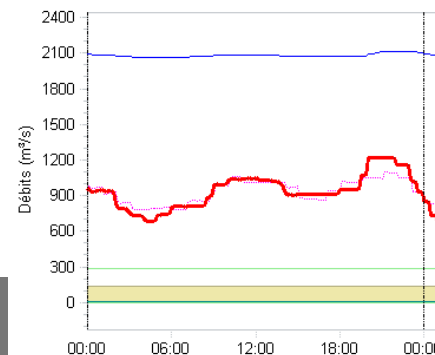
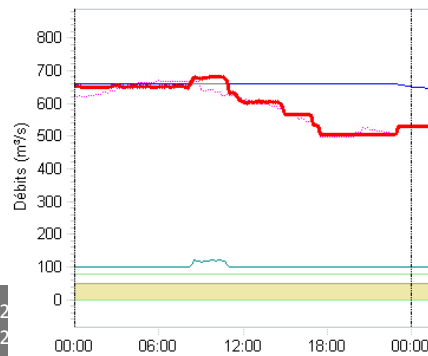
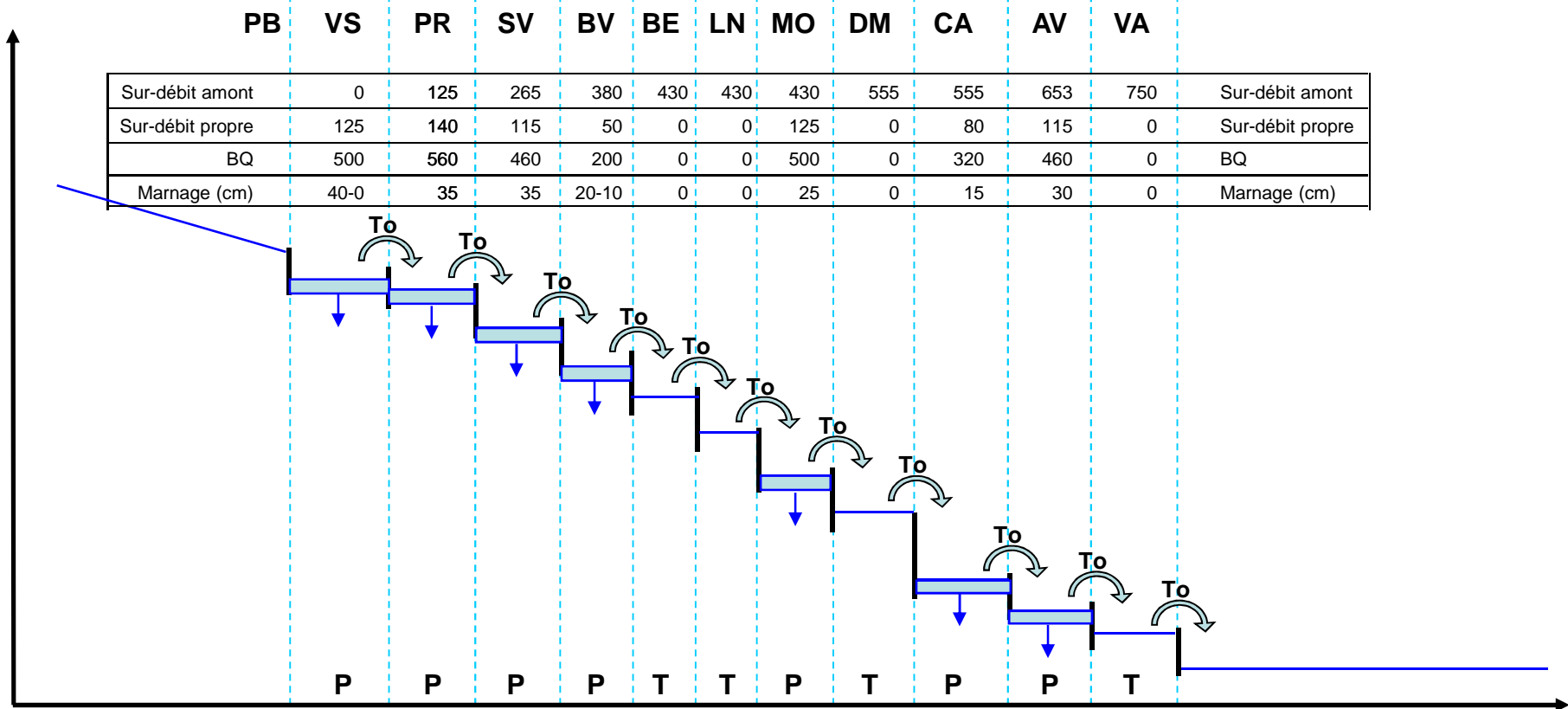
Prix PowerNext pour J, puis Courbe Forward du 04/01/2013





Variabilité à court terme

Valorisation de la flexibilité



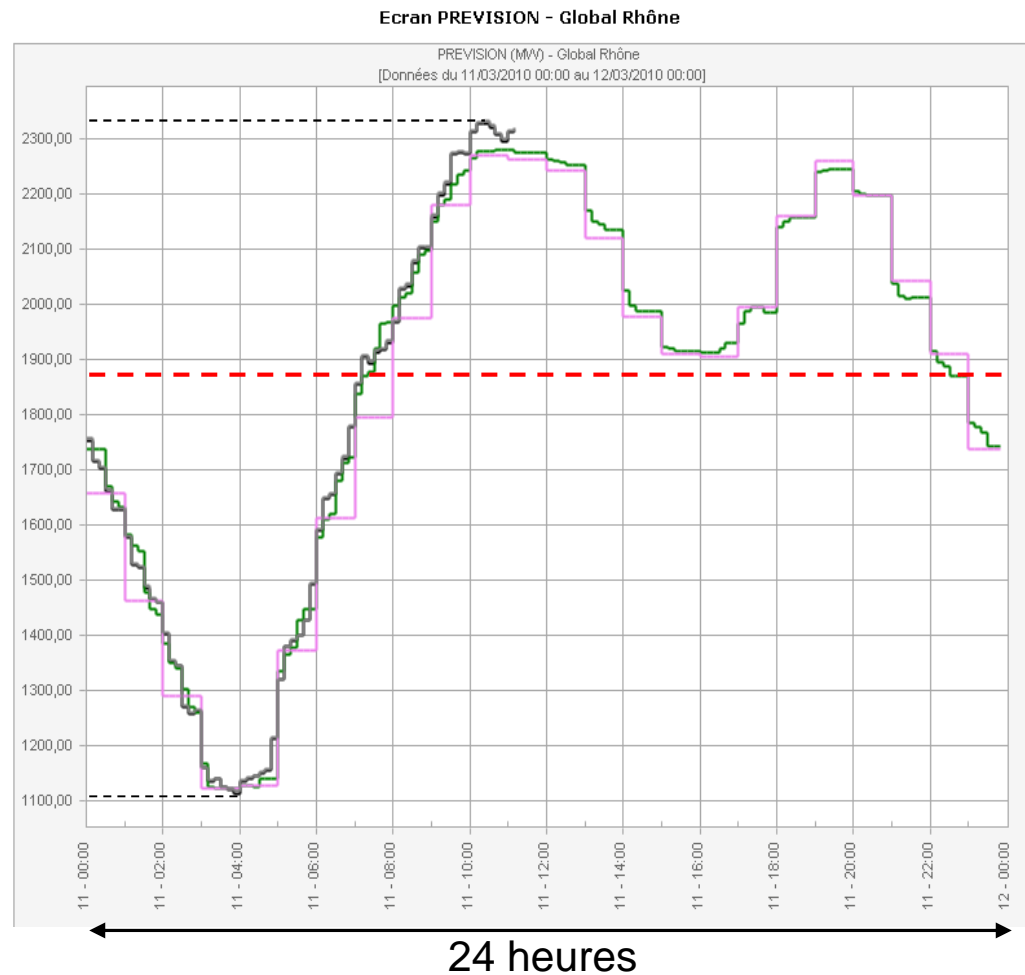


Traduction en terme de production d'énergie :

2300 MW

Puissance moyenne 1875 MW

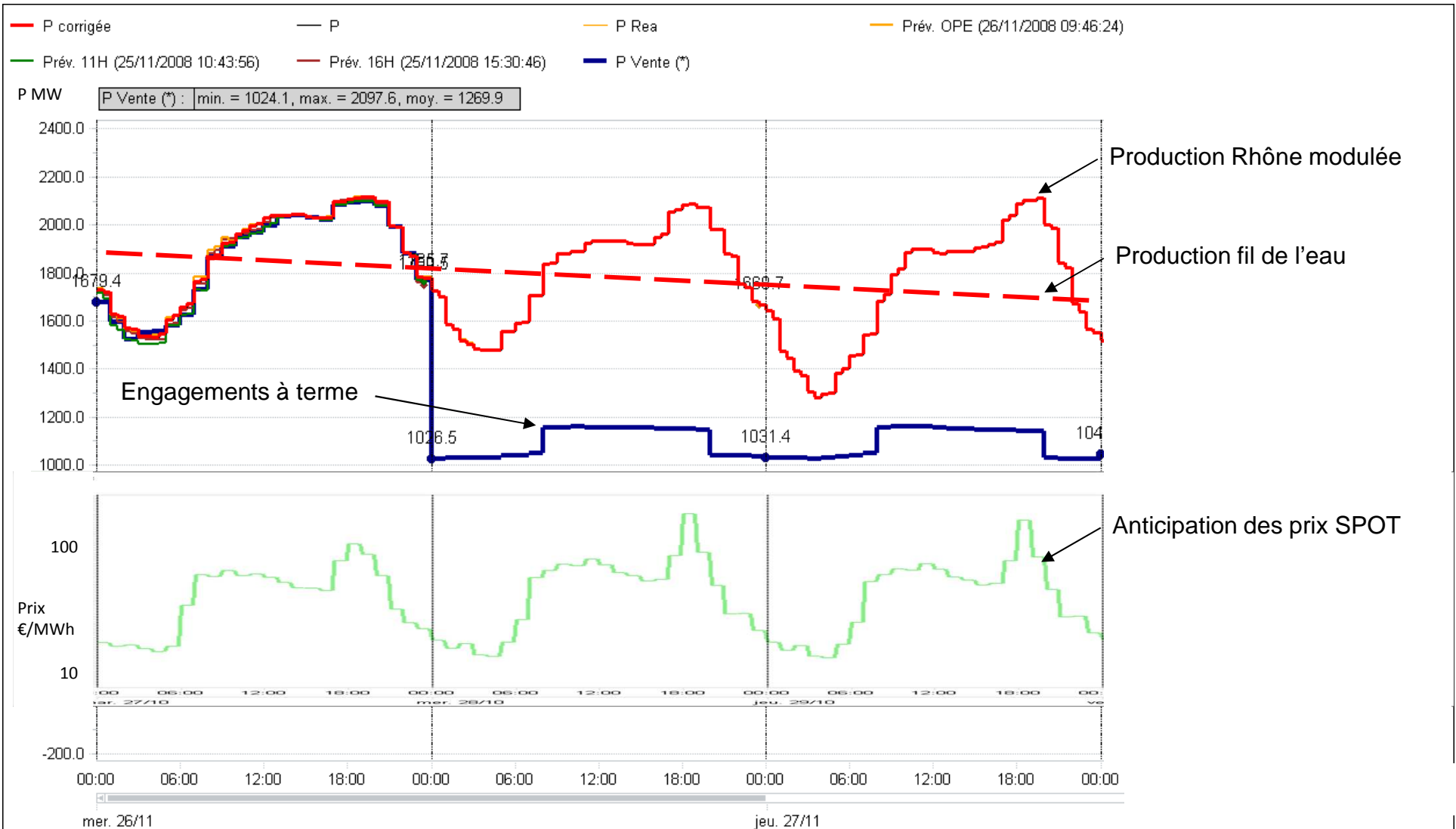
1100 MW





Variabilité à court terme

Valorisation de la flexibilité



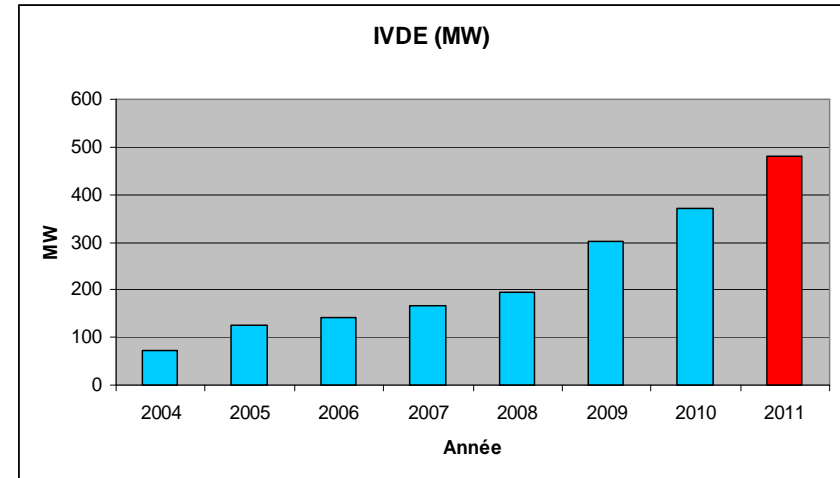


Variabilité à court terme

Valorisation de la flexibilité

Indicateurs:

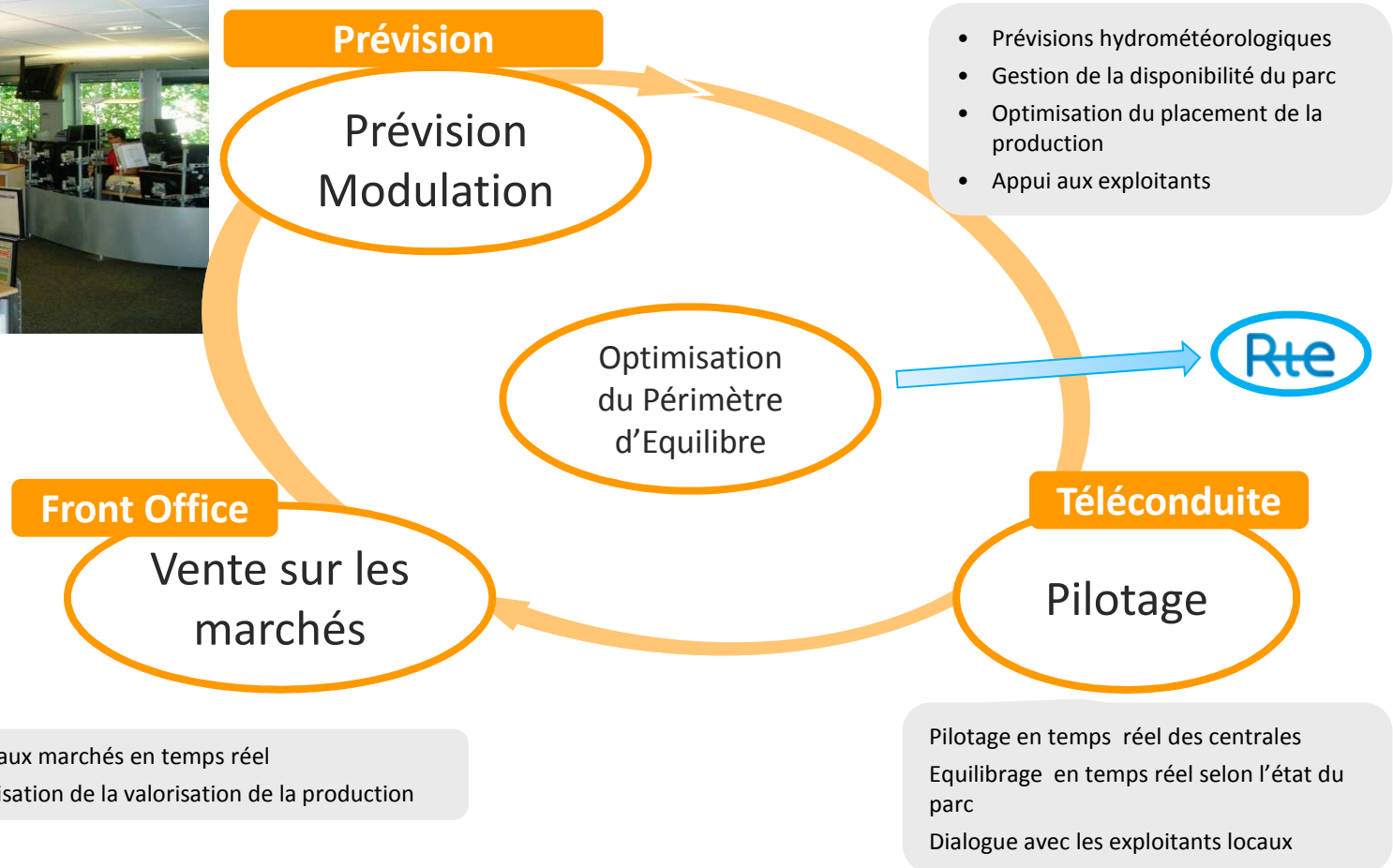
- Puissance moyenne: 1620 MW
- P 50 (Pmax-Pmin) = 1000 MW
- P10 (Pmax-Pmin) = 1300 MW
- Ecart moyen journalier < 3%
- Déplacement d'énergie Off Peak – Peak: 420 MW





Organisation opérationnelle

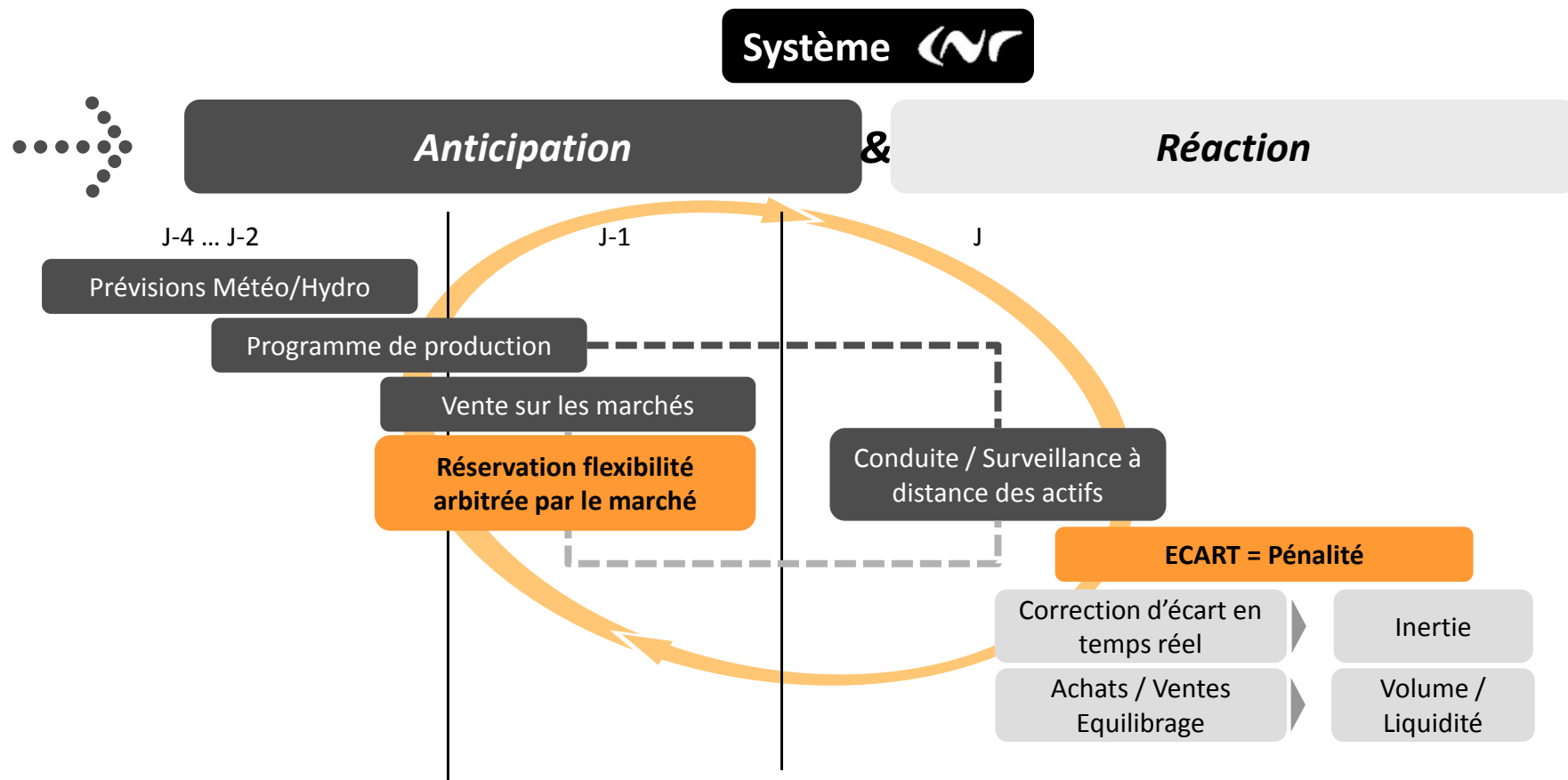
→ Organisation: Gestion de l'énergie intégrée, de la prévision à la commercialisation





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

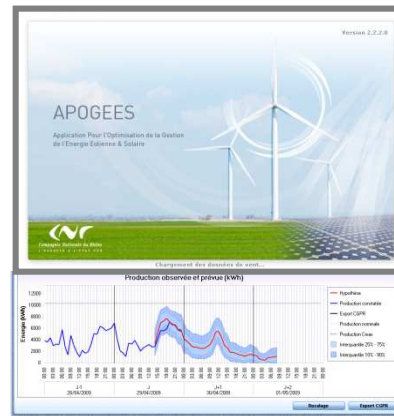


Compagnie Nationale du Rhône
L'ÉNERGIE À L'ÉTAT PUR

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%

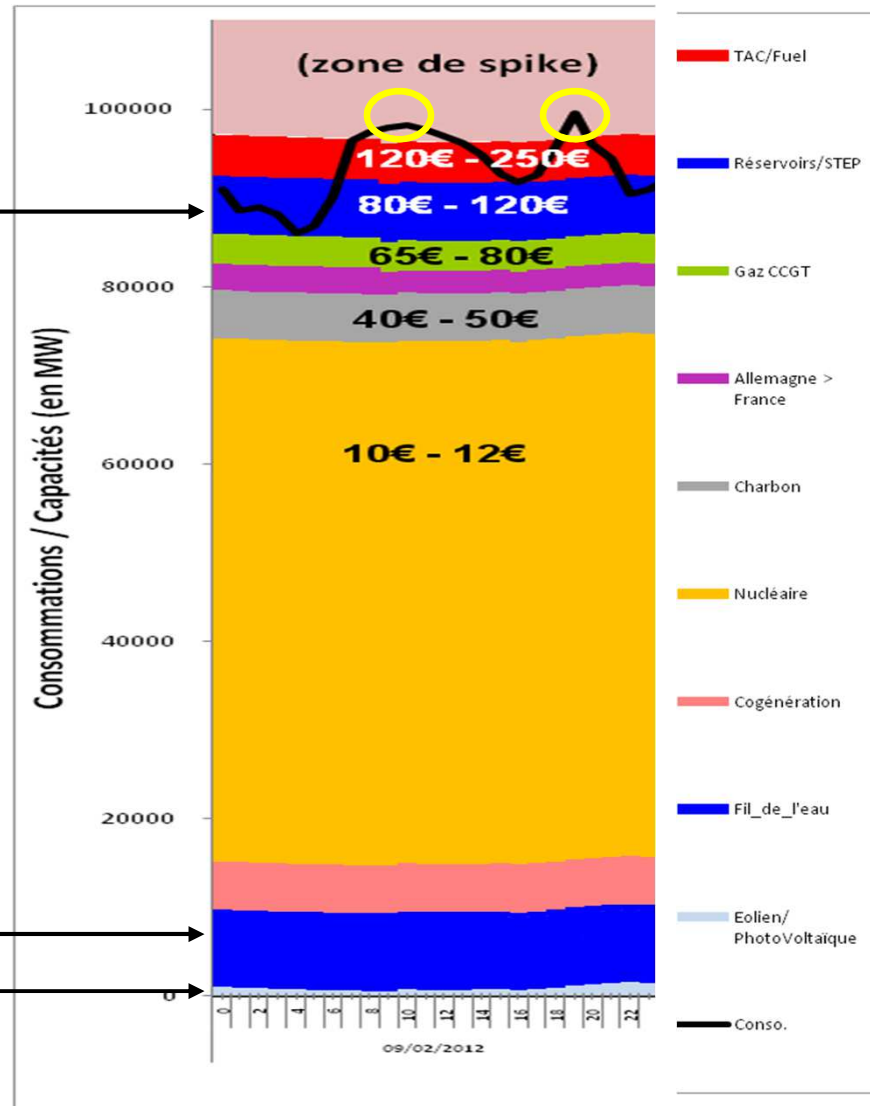
→ Au-delà du foisonnement statistique des écarts, une réduction dynamique des écarts de RE peut être réalisée via la flexibilité du Rhône, à coût marginal faible



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 €

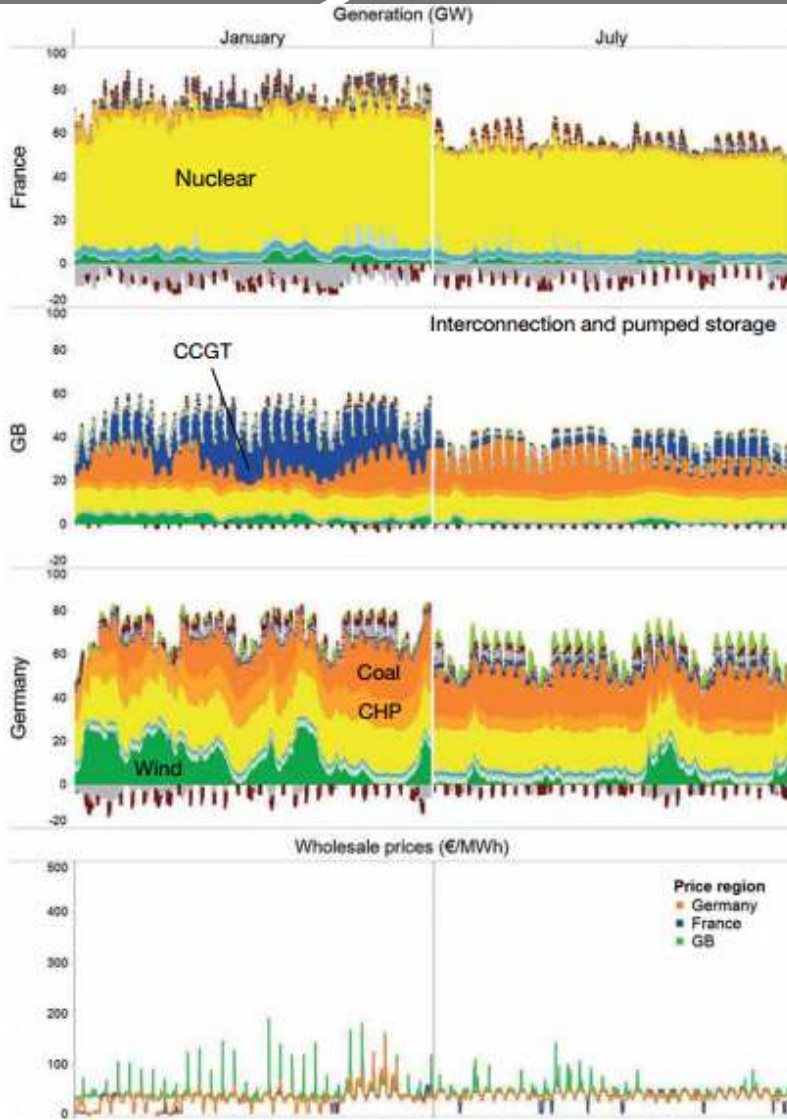
Hydro réservoir = coût
d'opportunité



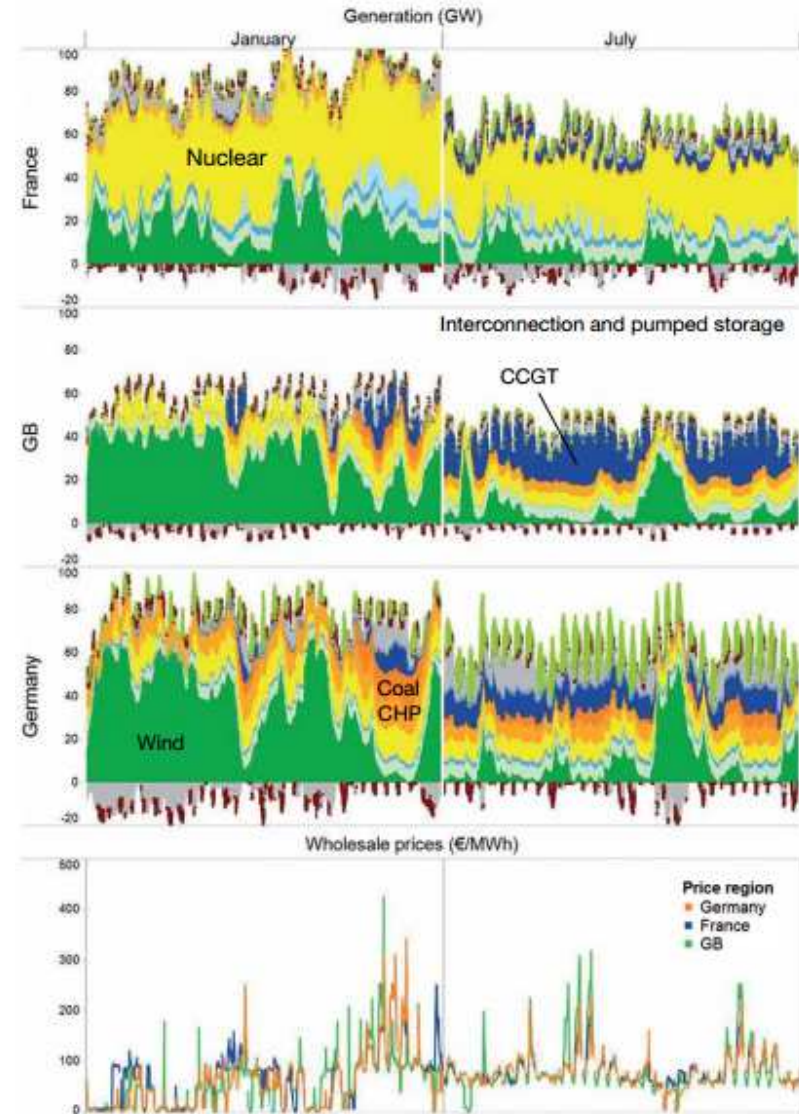


Marché de l'électricité et intermittence

2010

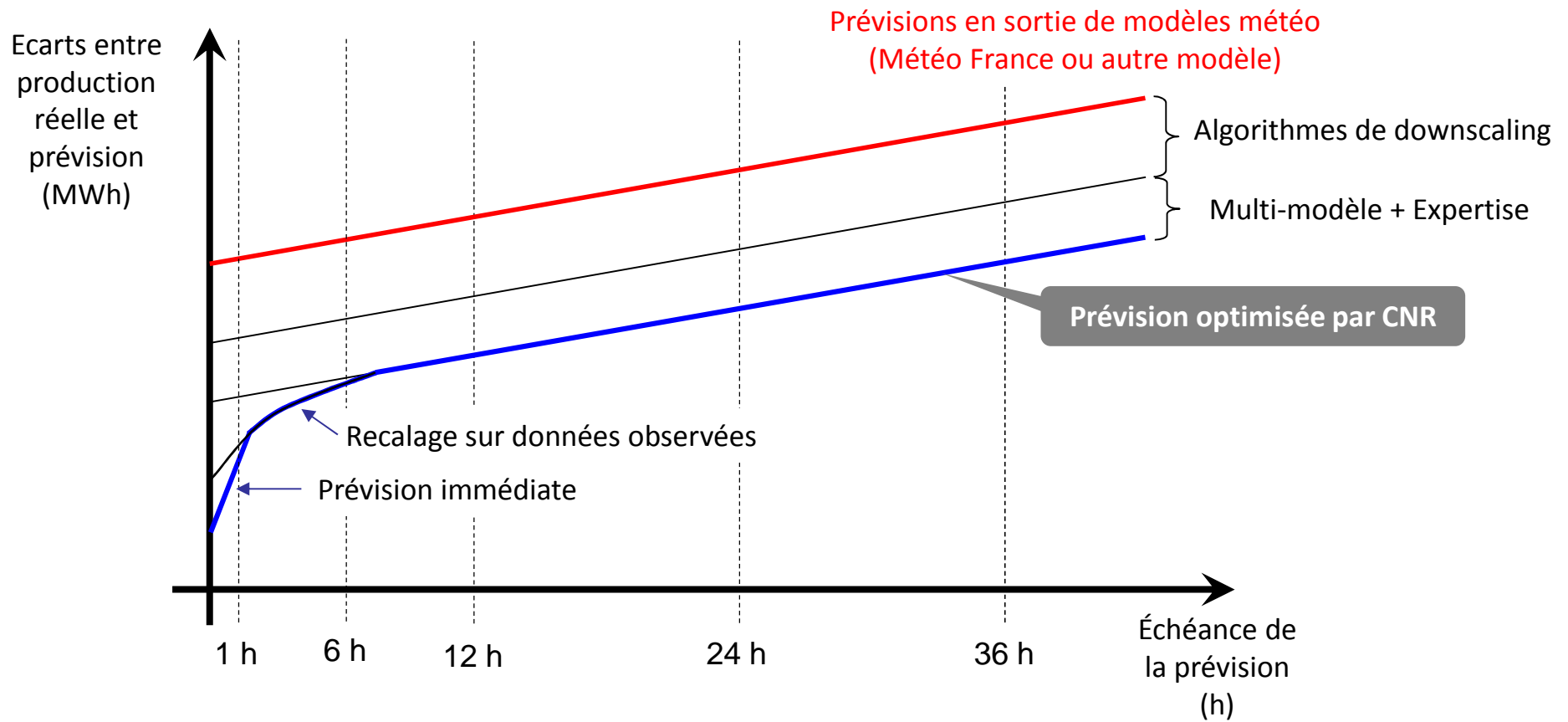


2030



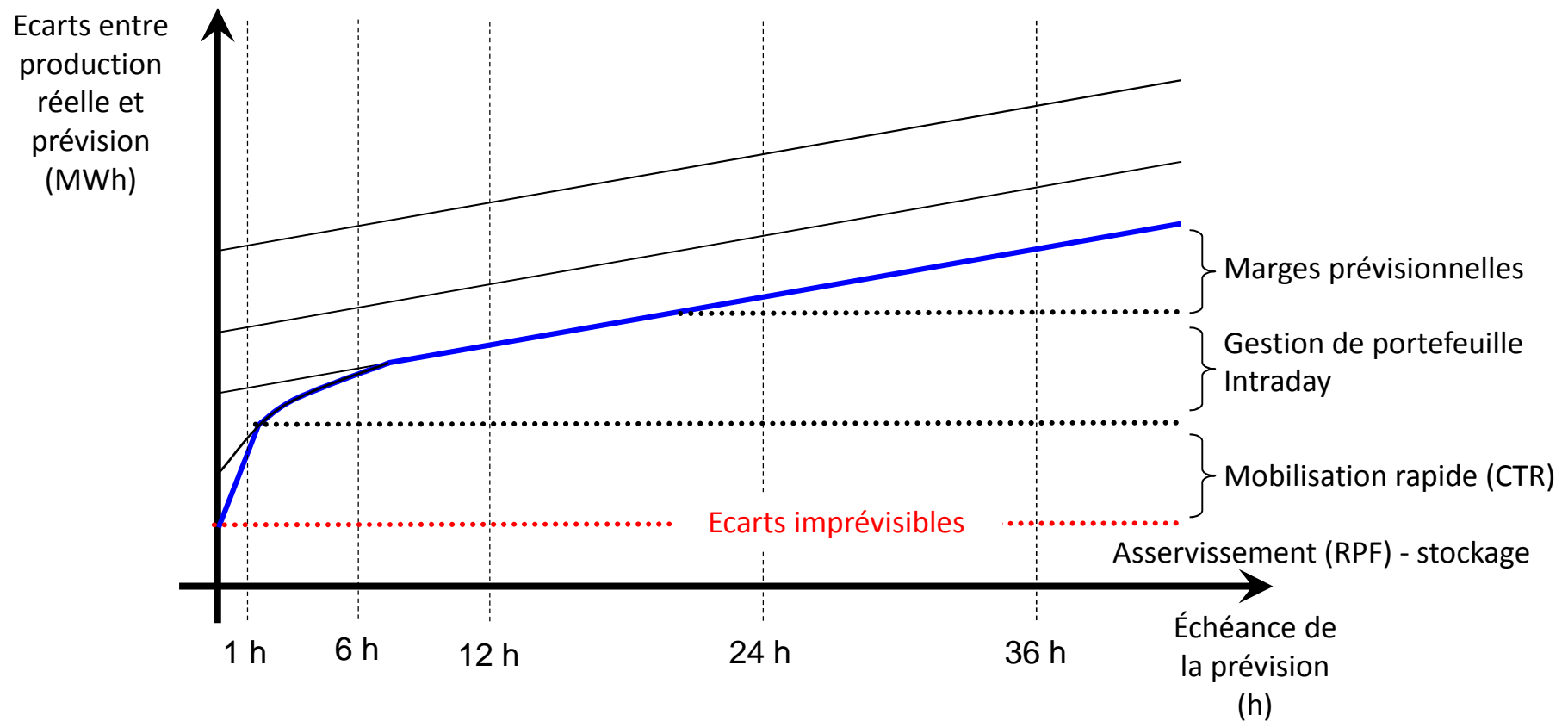


Modèles permettant la réduction des écarts de prévision





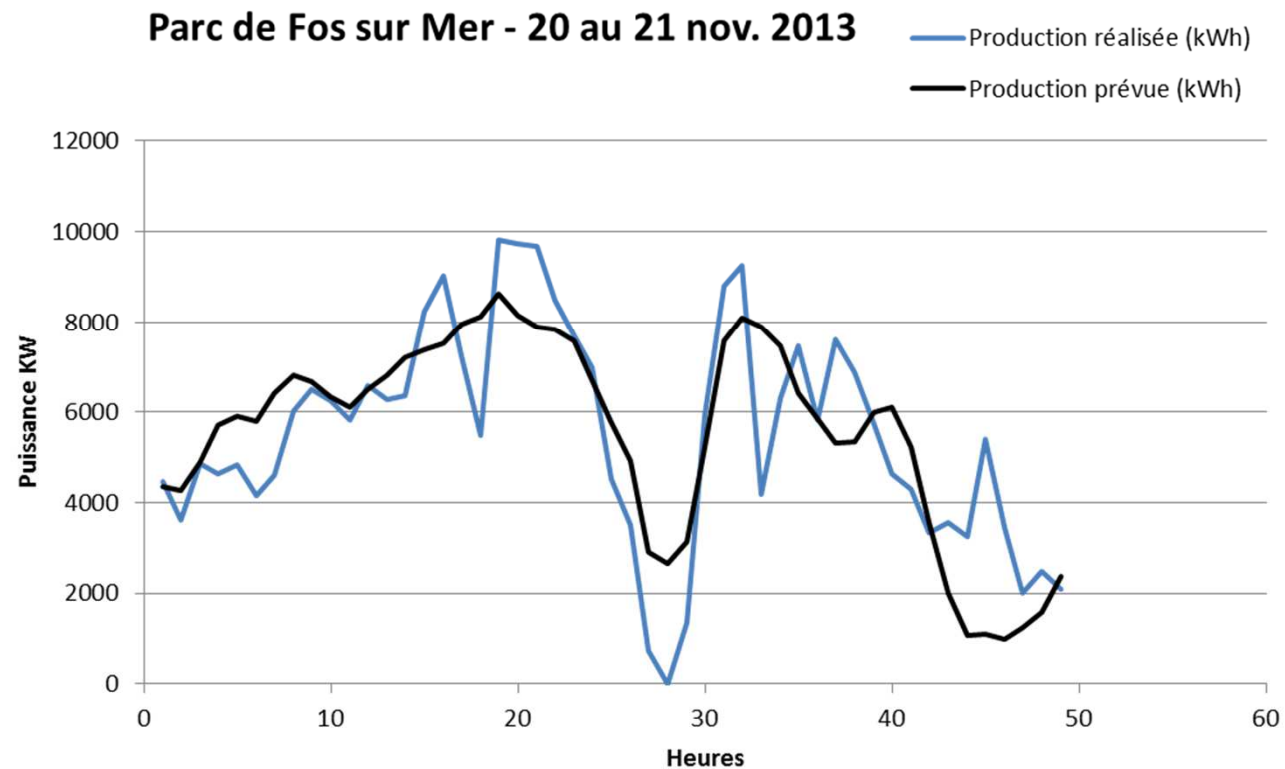
Différents moyens de gestion opérationnelle des écarts résiduels





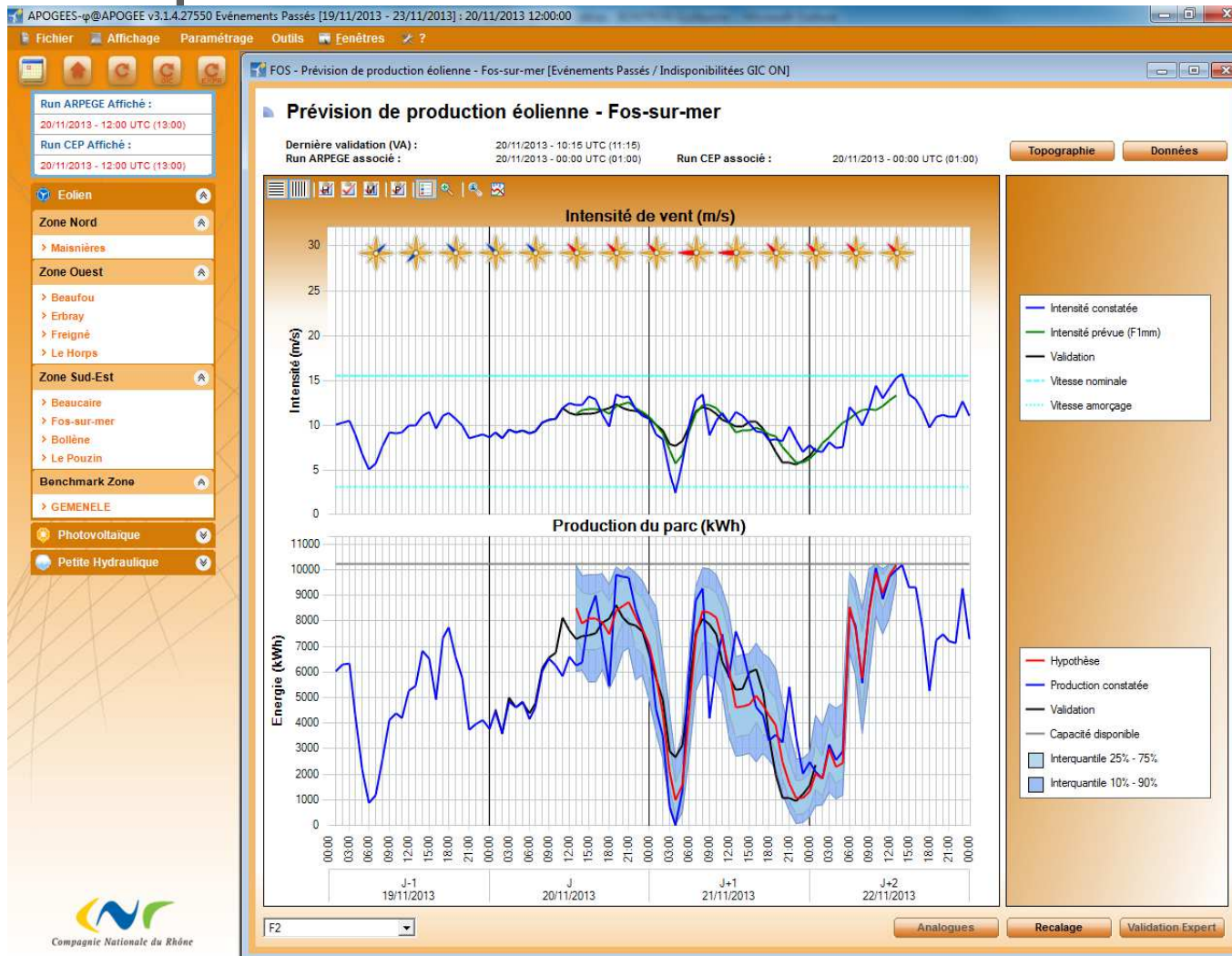
Gestion opérationnelle des écarts

Écart en énergie nul sur la journée → compensation hydraulique idéale





Gestion opérationnelle des écarts



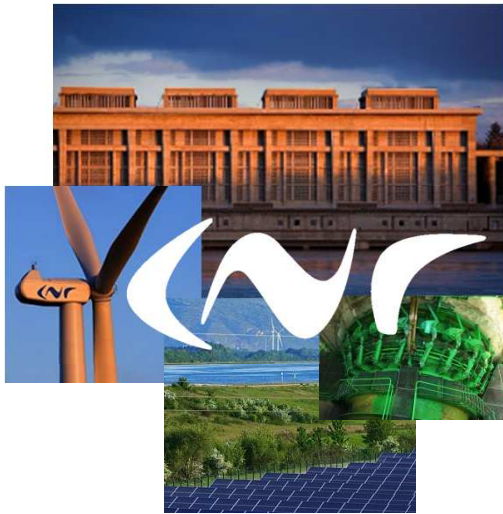


Compagnie Nationale du Rhône
L'ENERGIE A L'ETAT PUR

Variabilité à court terme

Réduction dynamique des écarts, autres moyens

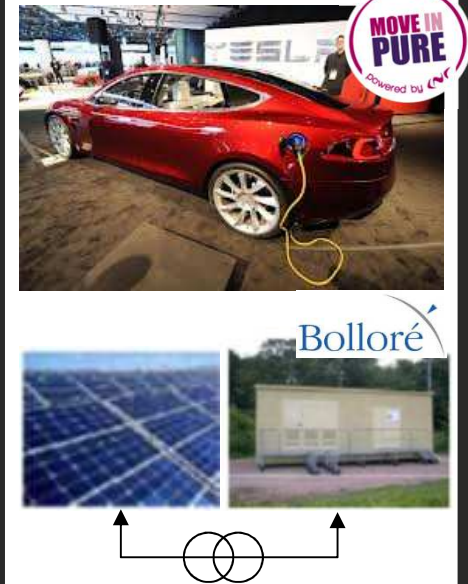
Production Renouvelable



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

