

An aerial photograph showing a large white wind turbine in the foreground, its shadow cast long on the ground. To the right of the turbine is a large array of solar panels. A wide river flows through the landscape, with a small dam or weir visible in the distance. The background features rolling green hills under a clear blue sky.

CONJUGUER FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ET ÉNERGIE INTERMITTENTES POUR OPTIMISER LA VALEUR DES ÉNERGIES RENOUVELABLES

Guillaume Bontron
04/12/2019 – Focus HYDRO 2019 - Grenoble



LE RHÔNE : UN ACTIF MODULABLE



LA DIVERSIFICATION DANS LES ENRi



CONJUGUER RHÔNE ET ENRi

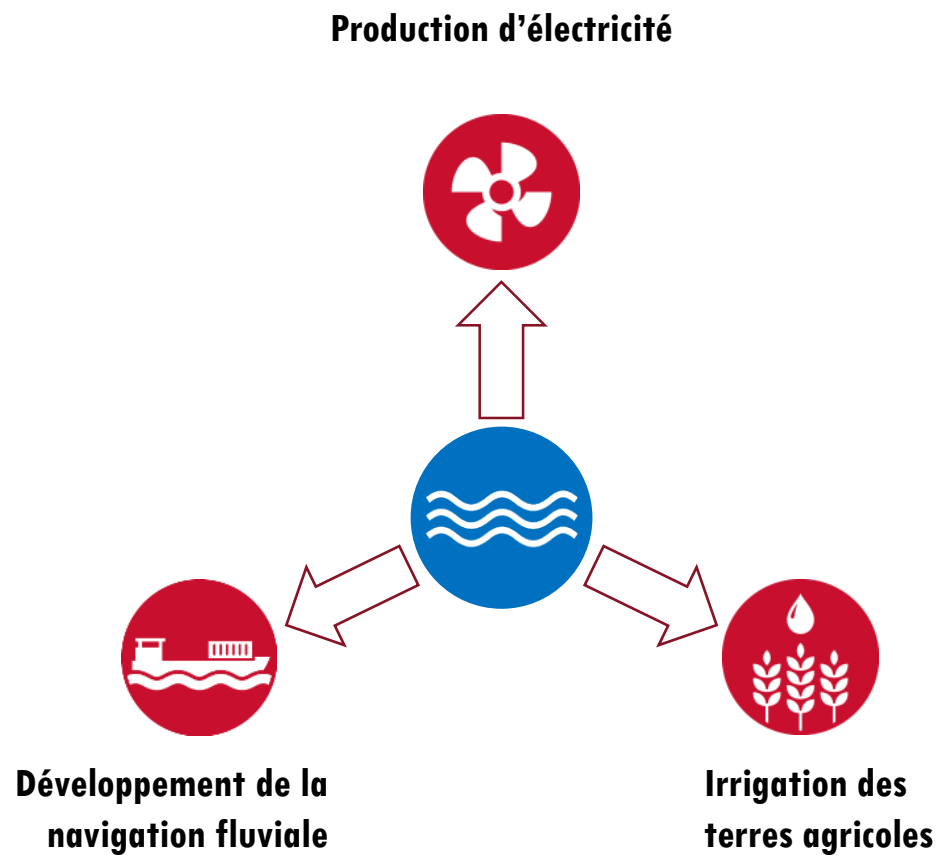


DES OUTILS POUR MISE EN ŒUVRE



LE RHÔNE : UN ACTIF MODULABLE

CNR : UNE ENTREPRISE NÉE DU RHÔNE



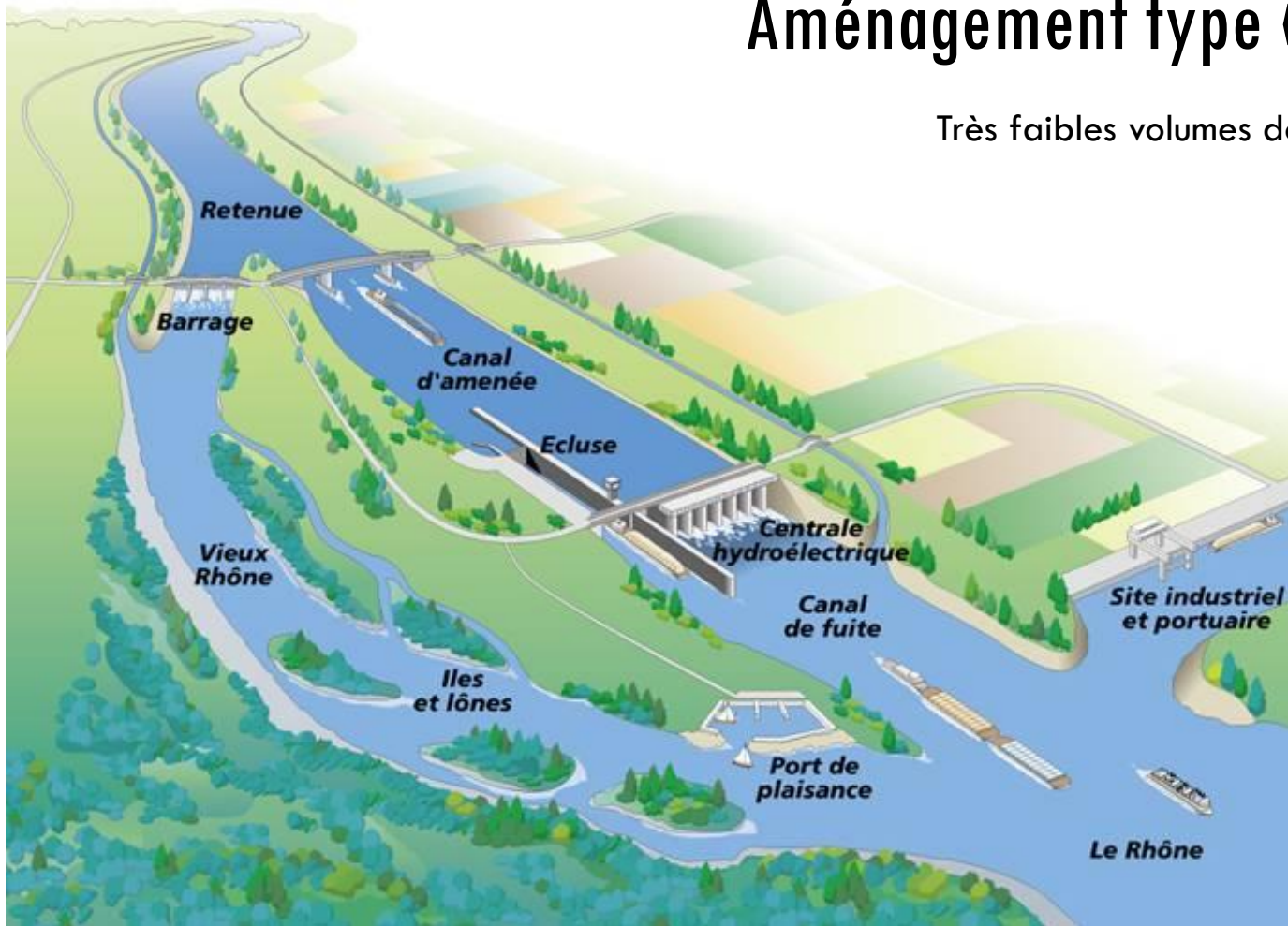
CARTE DES AMÉNAGEMENTS



UN AMÉNAGEMENT CNR TYPE :

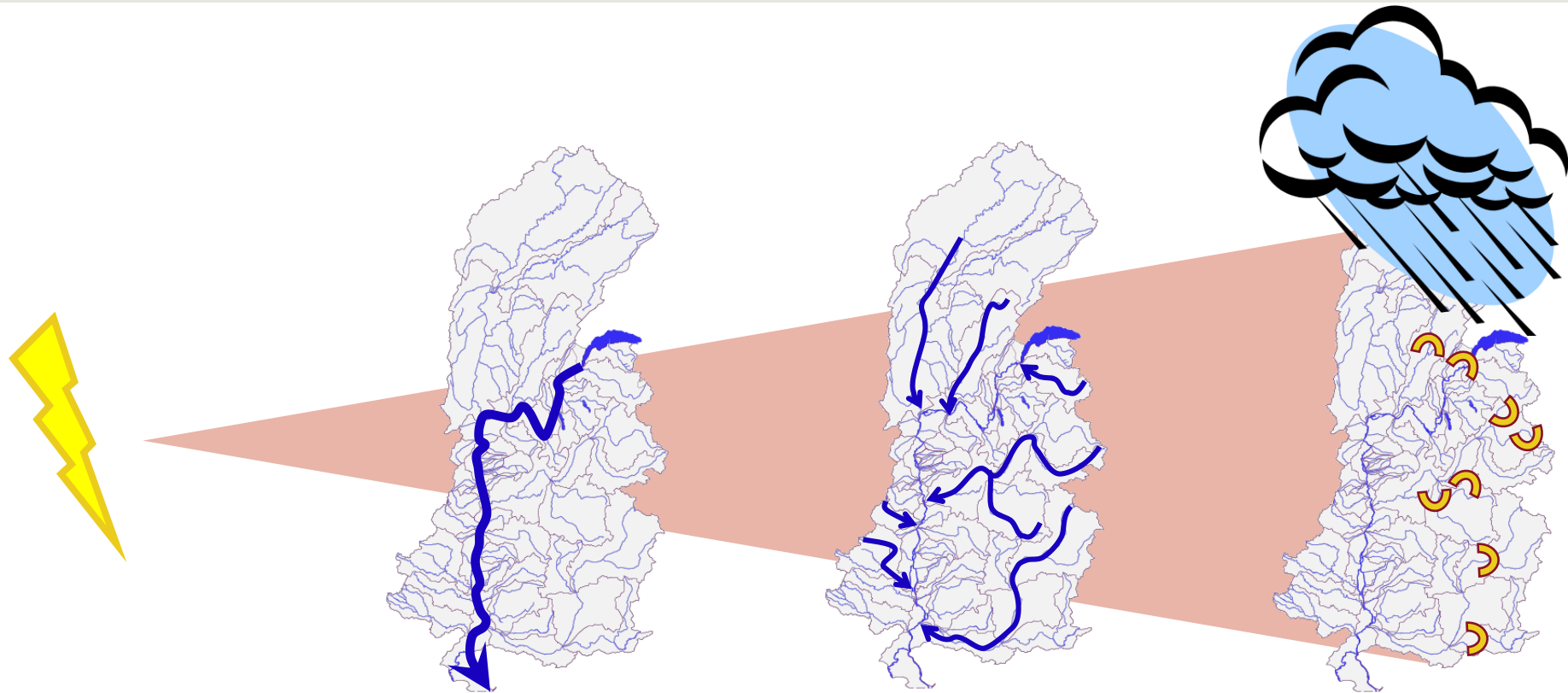
Aménagement type « *fil de l'eau* »

Très faibles volumes de réservoirs



- ⇒ Sur une journée :
Entrant = Sortant
- ⇒ Exploitation sous contraintes
Fortes : navigation, irrigation,
sûreté nucléaire...
Cadre réglementaire très strict

UNE ENERGIE NON PROGRAMMABLE :



UNE ENERGIE NON - PROGRAMMABLE

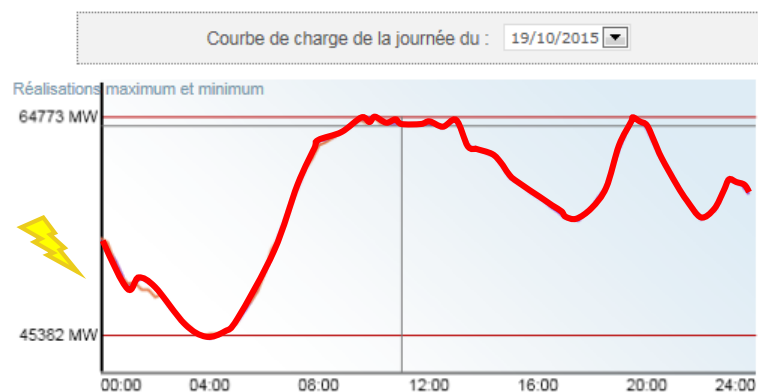
Le niveau de production dépend
de l'**hydraulicité**

... MAIS PREVISIBLE

Erreur moyenne en prévision day-ahead
en volume $\approx$ **3%**

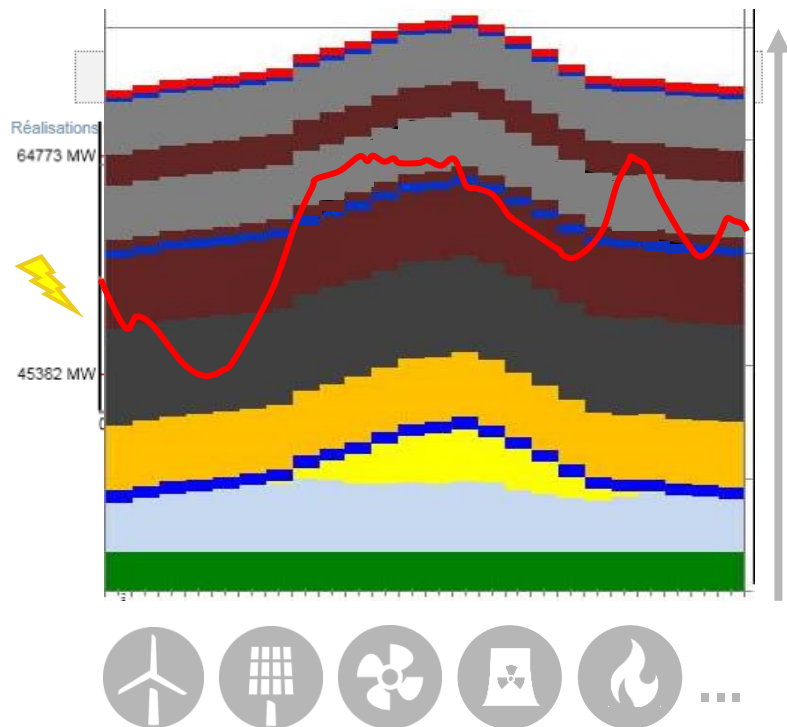
GESTION EN RÉGIME D'ÉCLUSÉES : DES PRIX DE L'ÉNERGIE VARIABLES

Une consommation variable ...



GESTION EN RÉGIME D'ÉCLUSÉES : DES PRIX DE L'ÉNERGIE VARIABLES

Une consommation variable ...



... qui crée des prix variables !

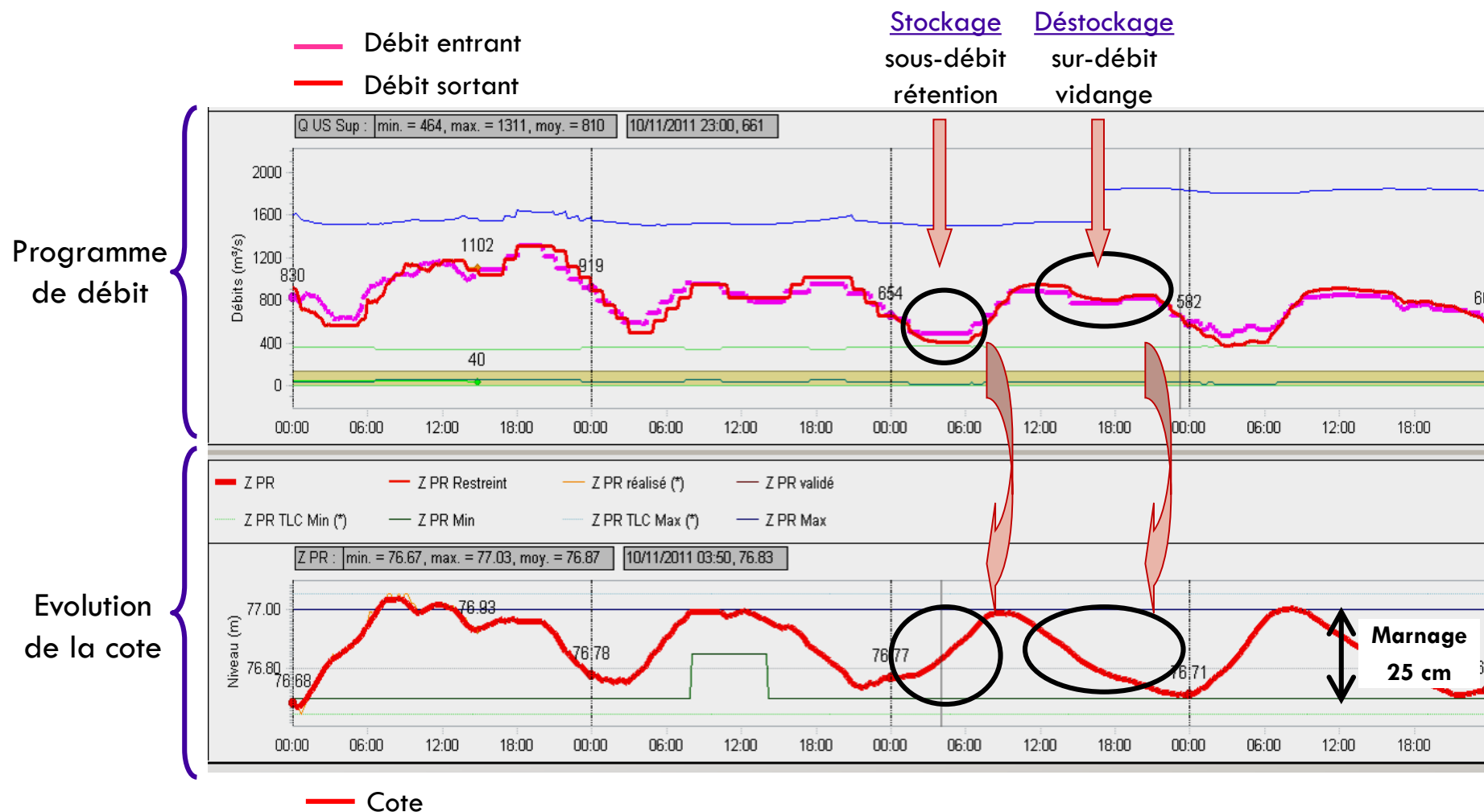
	J	J+1	J+2	J+3	J+4	J+5	J+6	
	lundi	mardi	mercredi	jeudi	vendredi	samedi	dimanche	
Heure	19/10/2015	20/10/2015	21/10/2015	22/10/2015	23/10/2015	24/10/2015	25/10/2015	Heure
1	43.18	47.05	41.41	40.23	39.38	44.55	32.19	1
2	38.77	41.84	39.39	36.71	35.72	36.65	31	2
3	37.16	39.68	37.87	36.21	37.1	36.29	27.89	3
4	32.59	35.36	35.62	33.76	34.26	32.44	26.96	4
5	32.34	34.18	35.37	30.51	32.51	30.1	25.37	5
6	37.52	39.29	40.38	34.9	34.85	30.93	26.16	6
7	48.75	48.81	51.13	39.99	43.1	34.39	27.29	7
8	60.01	58.74	60.02	54.37	50.27	39.64	28.28	8
9	66.32	65.16	67.29	59.89	57.32	40.62	28.81	9
10	69.68	68.33	64.79	56.67	59.03	43.39	27.95	10
11	63.51	63.53	59.25	55.78	55.69	42.64	28.02	11
12	62.18	60.05	57.93	61.43	55	40.24	26.23	12
13	60	56.17	51.49	50.78	52.27	37.86	32.46	13
14	59.59	56.69	51.77	47.95	52.01	35.68	22.99	14
15	57.52	53.82	52.45	46.9	46.35	32.39	17.75	15
16	57.72	54.74	53.05	44.64	45.5	31.94	18.88	16
17	57.22	55.36	53.46	44.48	44.47	34.22	21.53	17
18	56.63	55.97	56.06	46.09	45.15	37.15	25.24	18
19	60.17	61.79	58.87	50.29	49.52	40.64	32.32	19
20	83.53	80.38	69.59	71.12	61.69	51.3	35.57	20
21	63.1	59.23	60.41	70.85	53.1	49.22	34.97	21
22	54.18	50.88	52.08	47.09	44.77	39.8	33.12	22
23	53.15	48.81	51.52	47	43.85	39.12	36.43	23
24	48.37	48.13	46.82	44.37	43.1	37.99	31.8	24
Prix BSL	54.3	53.5	52	48	46.5	38.3	28.3	Prix BSL
Prix PKL	62.84	61	58	53	52	39.01	26.48	Prix PKL

32 €/MWh

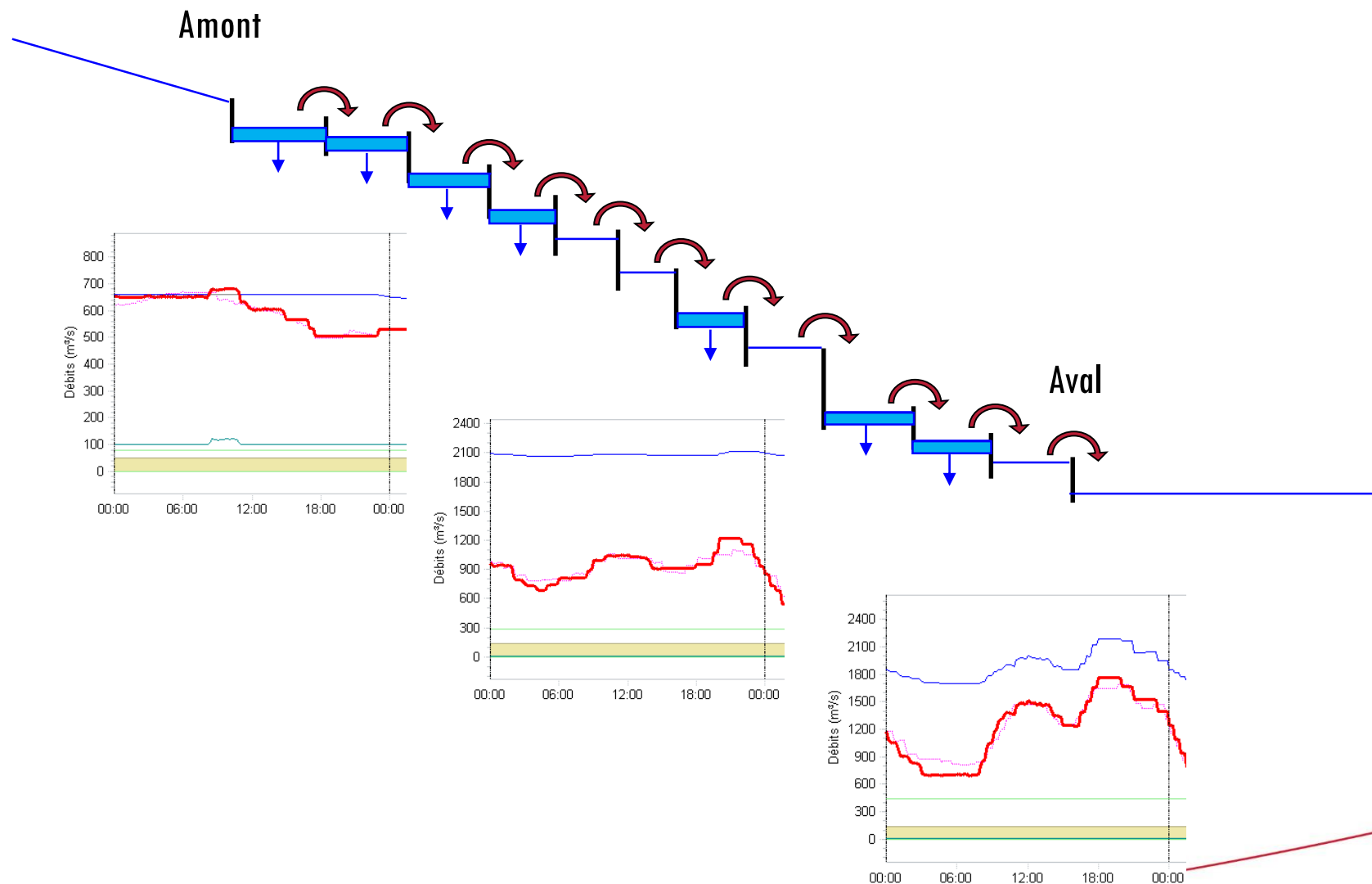
83 €/MWh

Eclusee énergétique

déplacement d'énergie depuis les heures creuses vers les heures de forte demande, au sein d'une même journée.



GESTION EN RÉGIME D'ÉCLUSÉES : ECLUSÉES SYNCHRONES



GESTION EN RÉGIME D'ÉCLUSÉES : MODULATION DE L'ÉNERGIE

Le Rhône ↗

Les ENRi

Couplage Rhône et ENRi

Les outils nécessaires



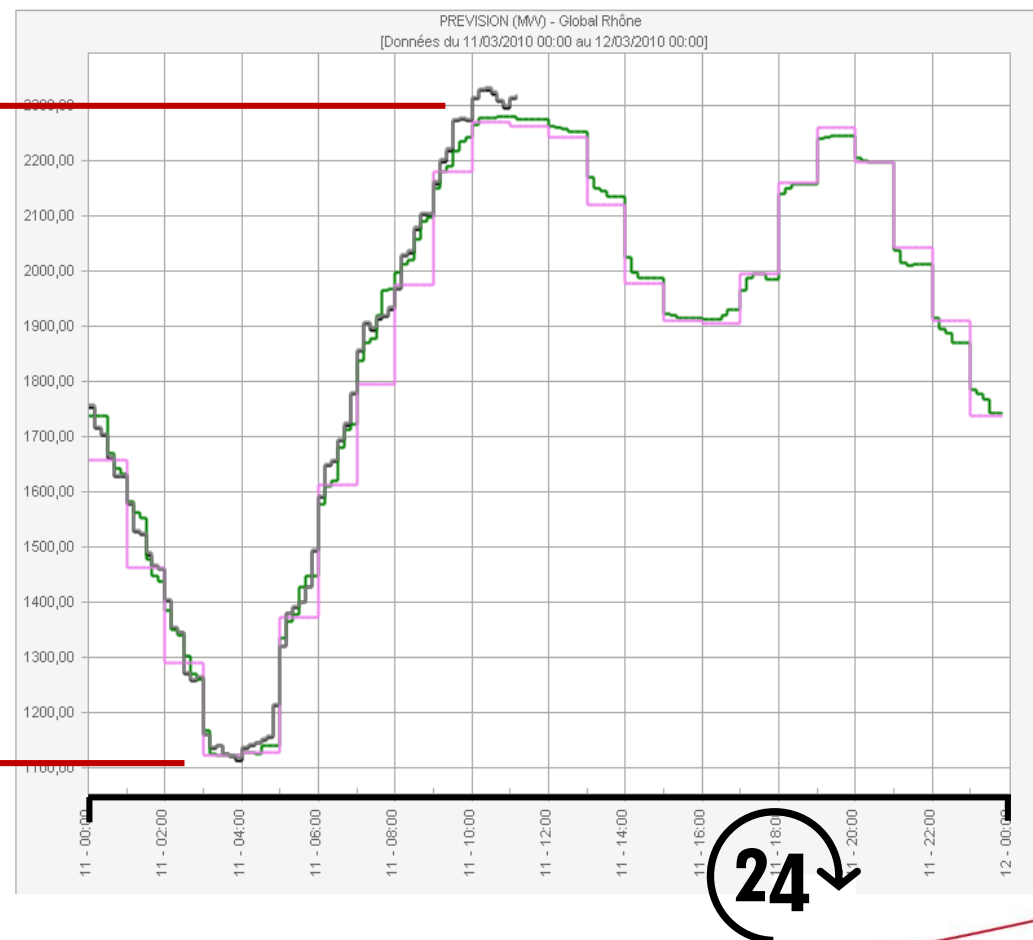
Le Rhône : un actif

NON-PROGRAMMABLE
... mais PREVISIBLE
... et MODULABLE

⇒ 1 jour sur 2 :
Modulation ≈ 1000 MW

2300 MW

1100 MW

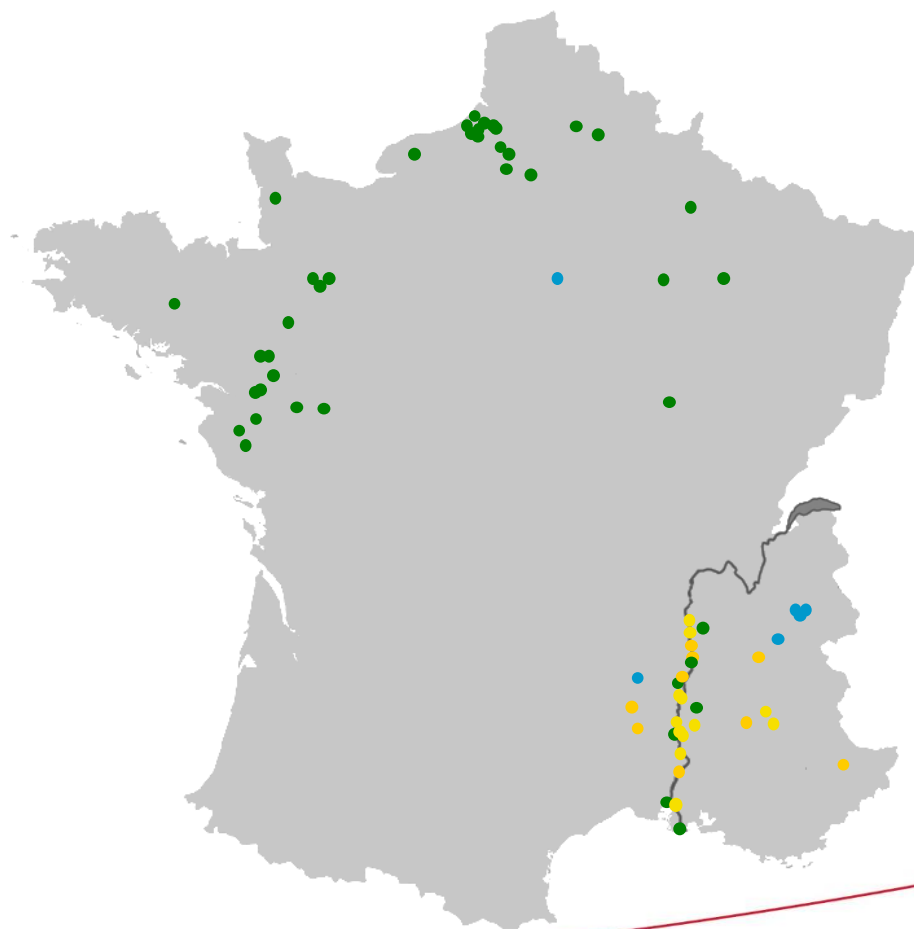
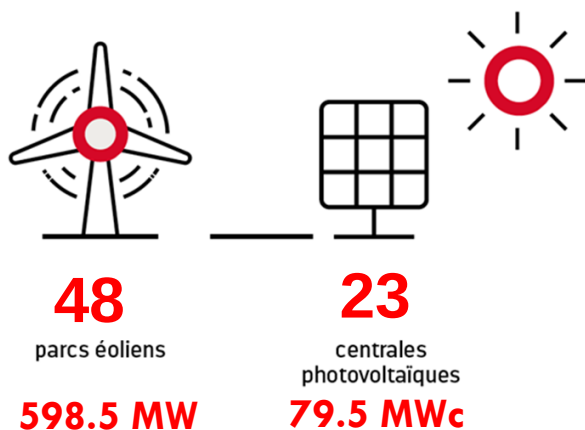
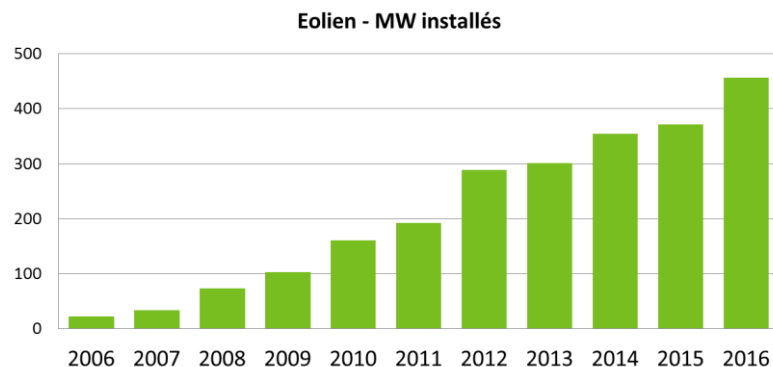




LA DIVERSIFICATION DANS LES ENRi

Diversification dans la production ENR

- 2006 : 1^{er} parc éolien CNR
- 2008 : 1^{er} parc PV CNR



UNE ENERGIE NON PROGRAMMABLE :

Une énergie NON - PROGRAMMABLE

Le niveau de production dépend
du vent et du soleil.



et NON - MODULABLE

Pas de report possible de la production, seulement du **bridage**
qui entraînent des pertes globales de production.

... mais (un peu) PREVISIBLE

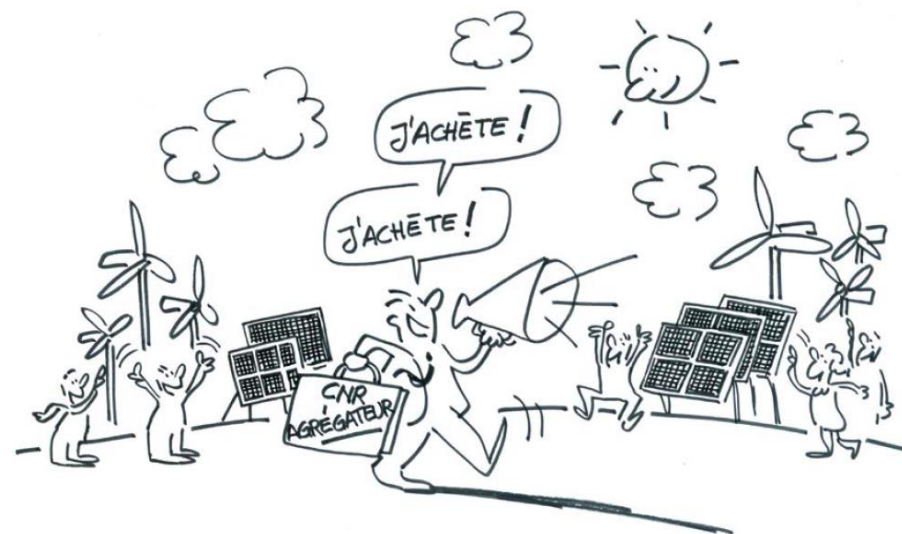
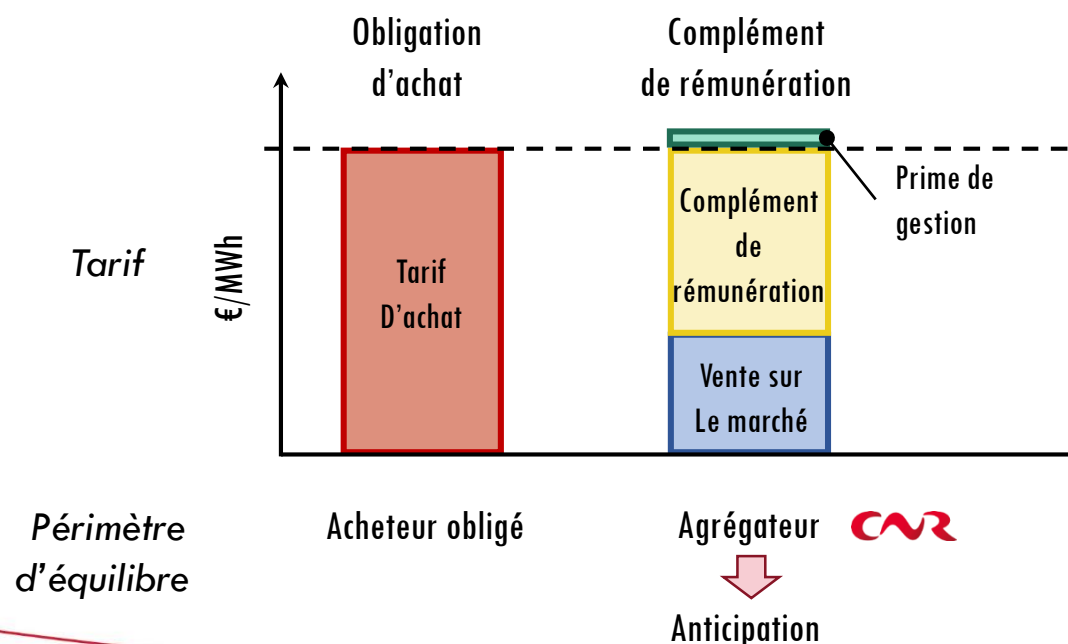
Fortes erreurs de prévision parc par parc, limitées
globalement par **foisonnement**.



LES ENRi DANS LE MARCHÉ :

Les ENRi : des actifs historiquement en **OBLIGATION D'ACHAT**...
... mais qui rentrent progressivement dans le **MARCHÉ** :

- Actifs arrivant en fin de période d'obligation d'achat
- Dispositif de **complément de rémunération**



des ENRi dans le **périmètre d'équilibre CNR**

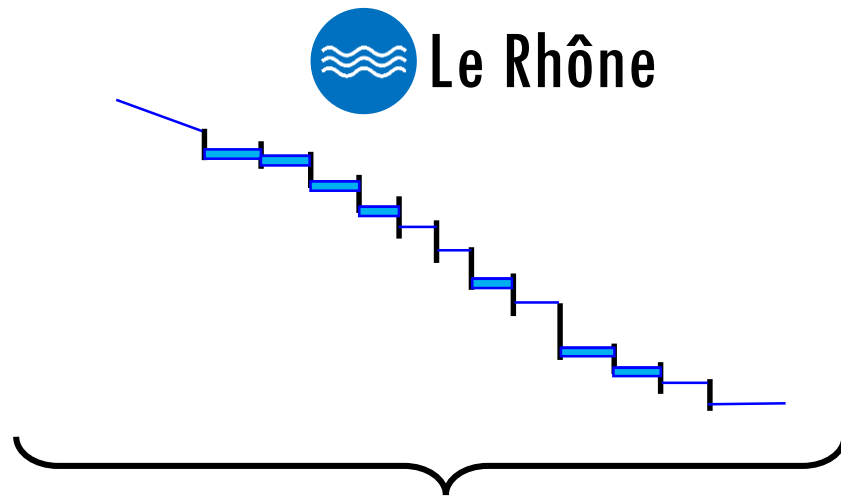


CONJUGUER RHÔNE ET ENRi

QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Le Rhône
Les ENRi

Couplage Rhône et ENRi 
Les outils nécessaires



Quel est le meilleur usage de
cette **FLEXIBILITE** ?

Production
moyenne

Marge de
flexibilité



+

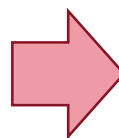
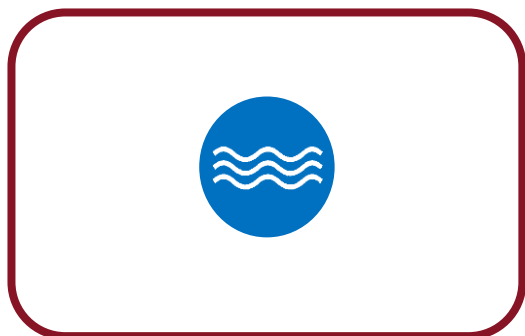


Etiage

Débit d'équipement

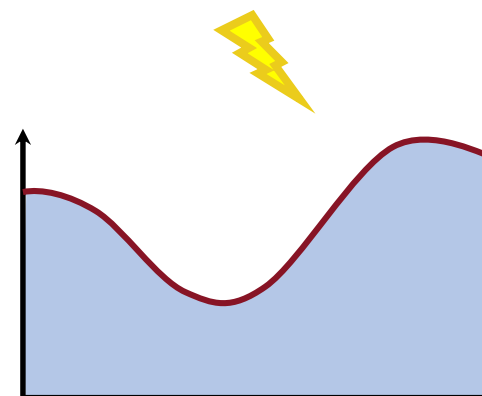
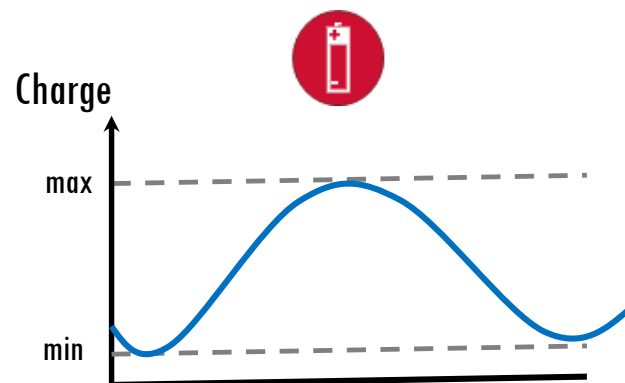
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



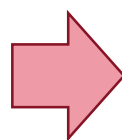
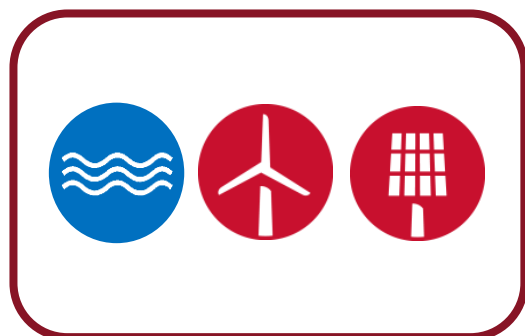
Eclusées
énergétiques

*Valeur liée à l'écart
peak / off-peak*



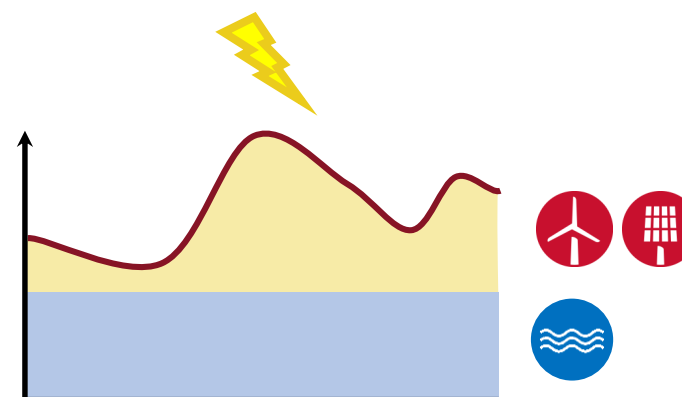
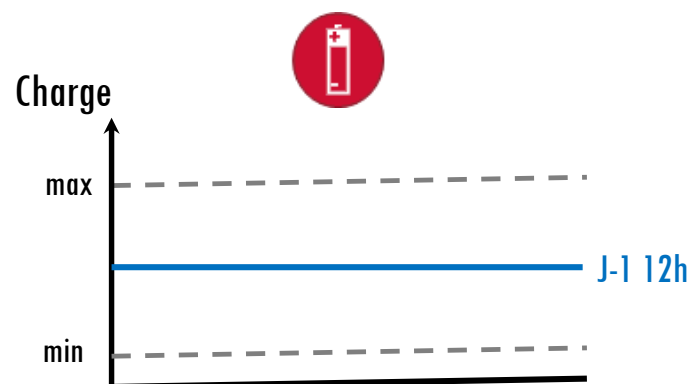
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



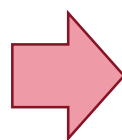
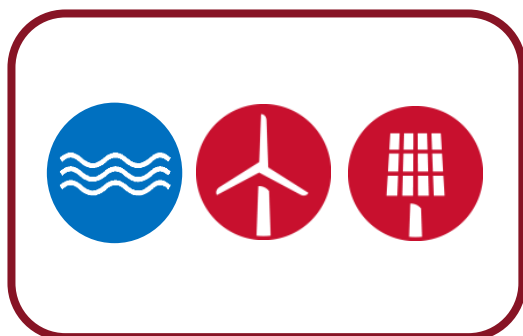
Correction d'écarts

*Valeur liée aux
prix de règlement
des écarts*



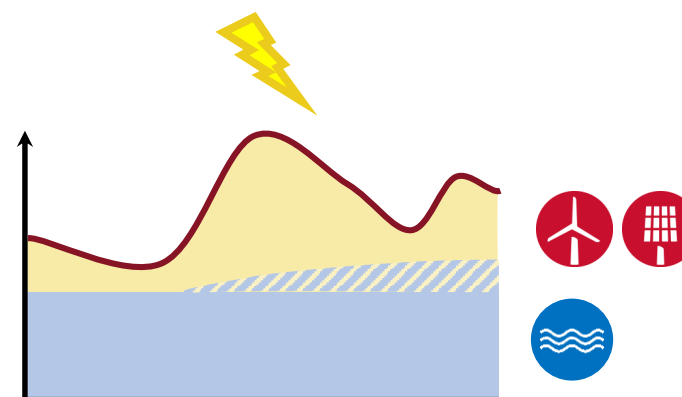
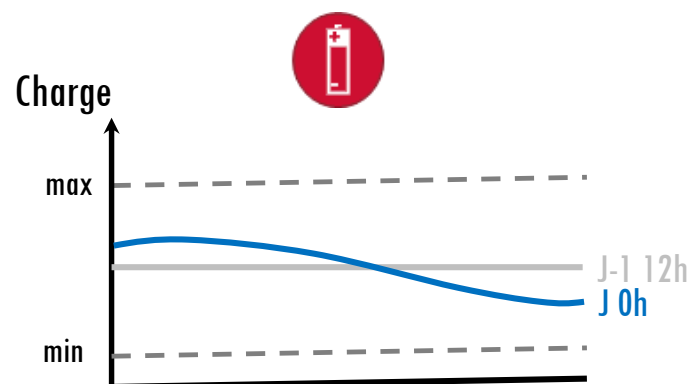
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



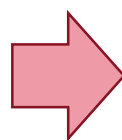
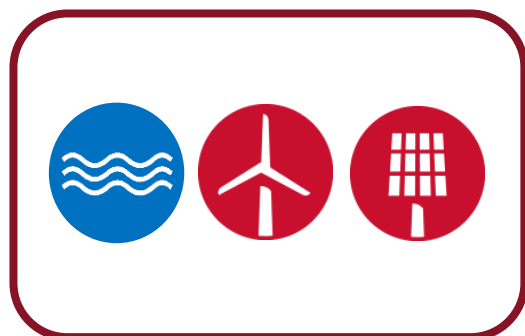
Correction d'écarts

*Valeur liée aux
prix de règlement
des écarts*



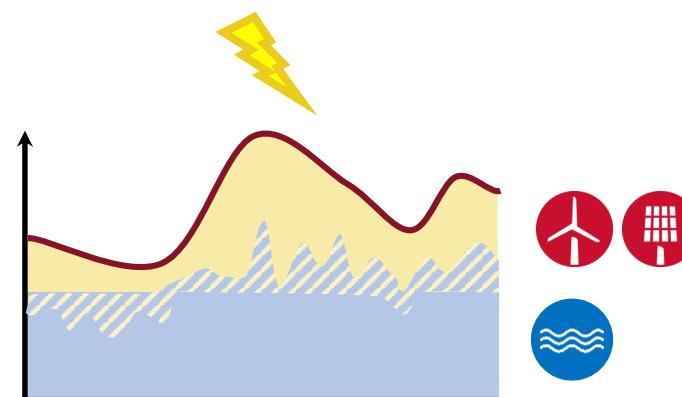
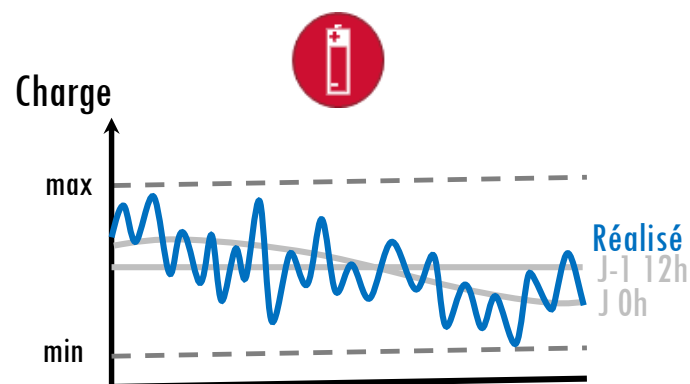
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



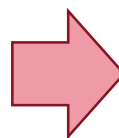
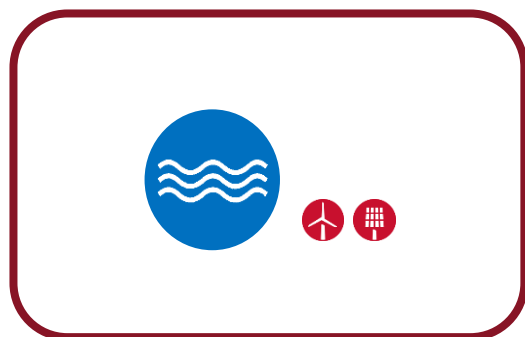
Correction d'écarts

*Valeur liée aux
prix de règlement
des écarts*



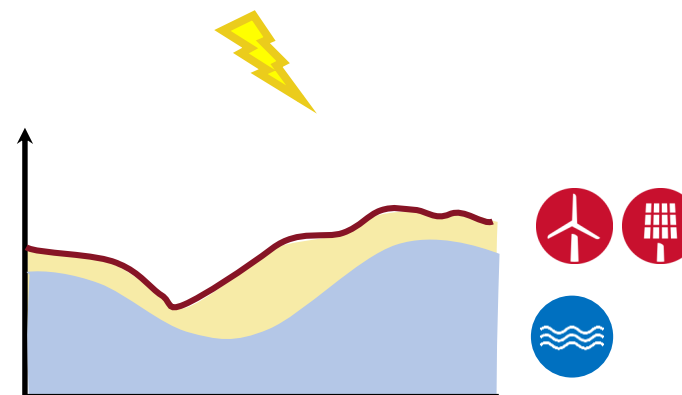
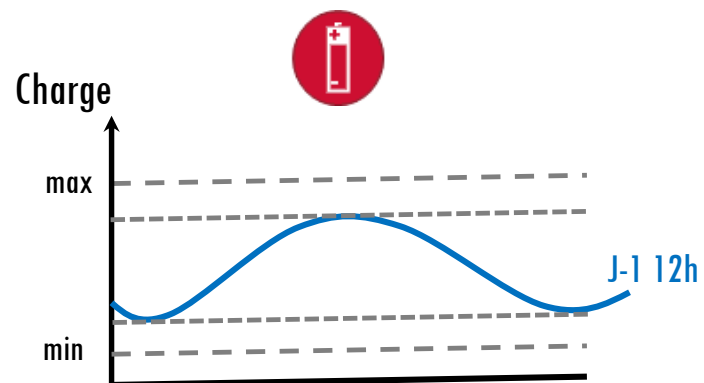
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



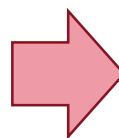
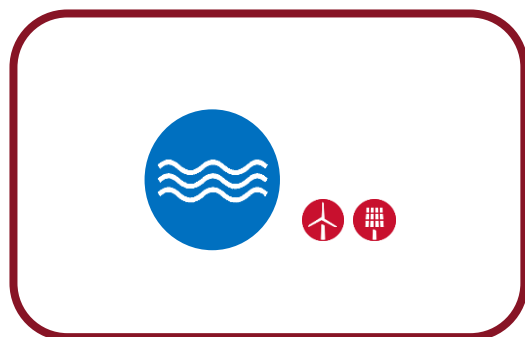
Eclusées et
correction d'écarts

*Valeur liée
à l'écart peak / off-peak
&
aux prix de règlement des écarts*



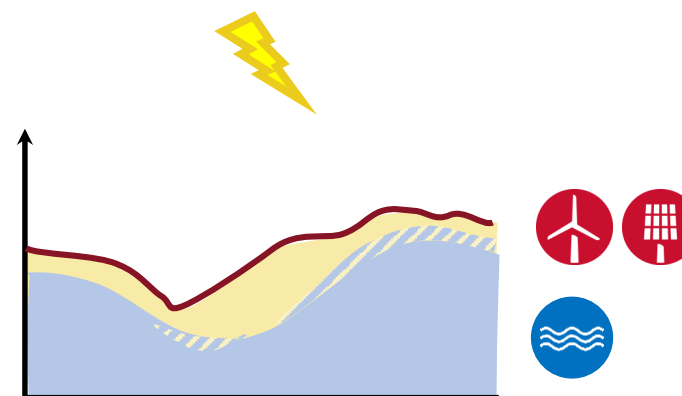
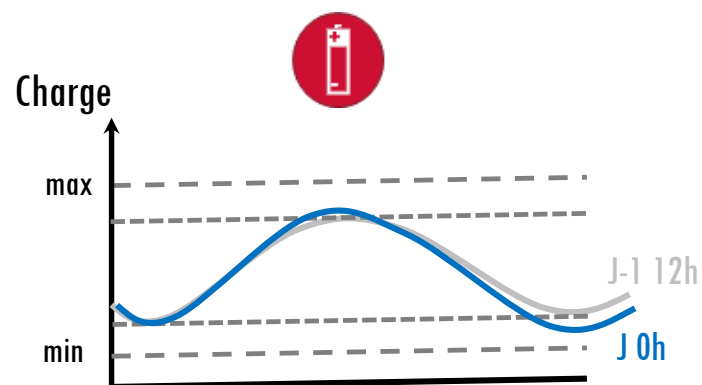
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



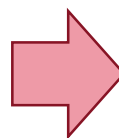
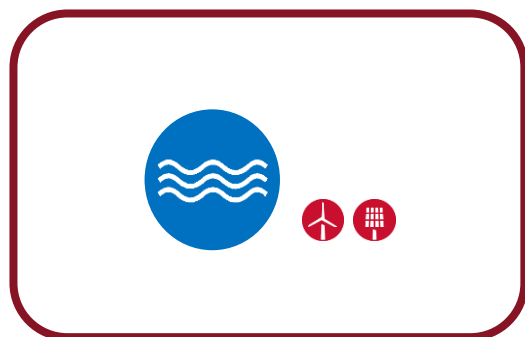
Eclusées et
correction d'écarts

*Valeur liée
à l'écart peak / off-peak
&
aux prix de règlement des écarts*



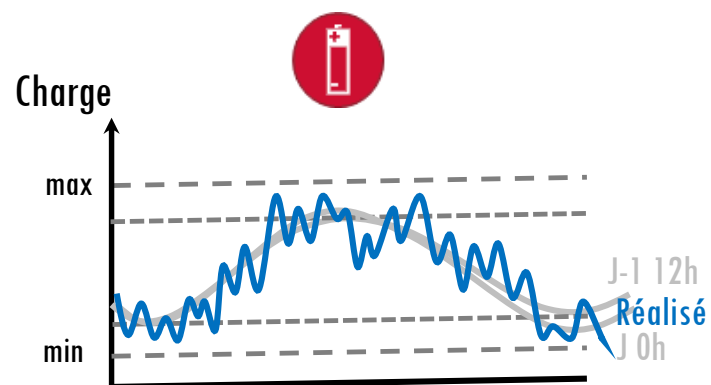
QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



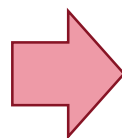
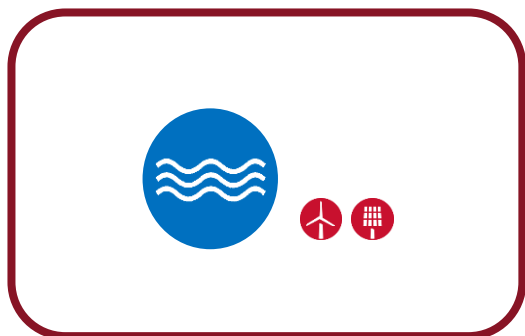
Eclusées et
correction d'écarts

*Valeur liée
à l'écart peak / off-peak
&
aux prix de règlement des écarts*



QUEL USAGE POUR LA FLEXIBILITÉ DU RHÔNE ?

Périmètre d'équilibre



Eclusées et
correction d'écarts

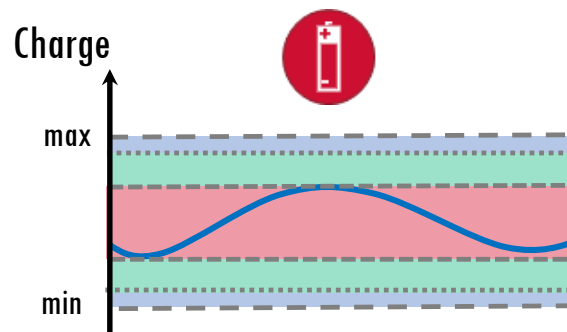
*Valeur liée
à l'écart peak / off-peak
&
aux prix de règlement des écarts*

Partage **dynamique** du potentiel de flexibilité

Selon incertitude des prévisions ENRi

Selon rapport [Coût des écart / Amplitude des prix]

Intégration des services systèmes

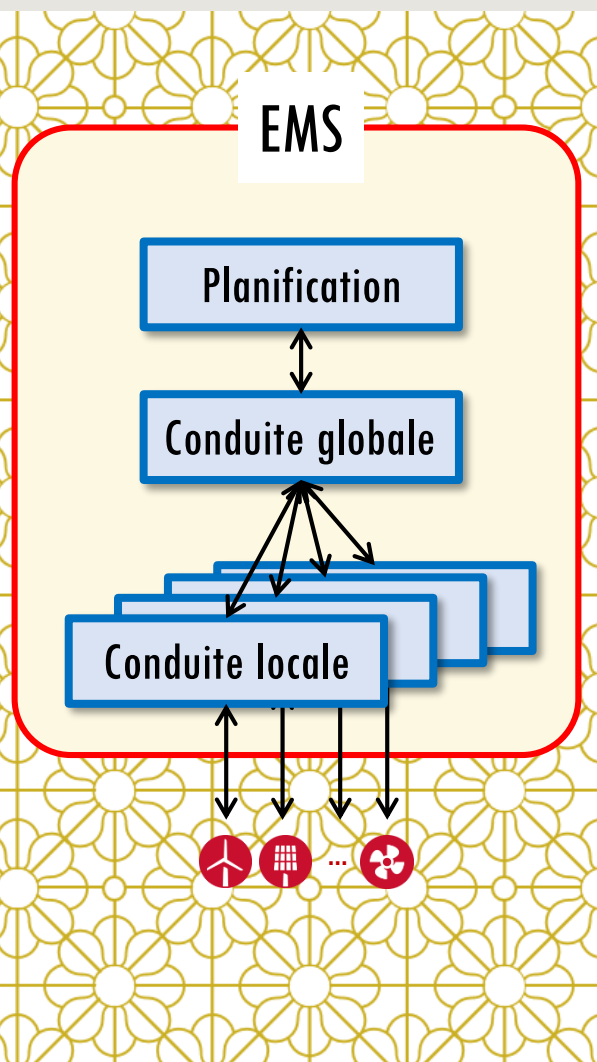


Services systèmes
Correction d'écarts
Eclusées



DES OUTILS POUR MISE EN ŒUVRE

DES OUTILS POUR LA MISE EN ŒUVRE :



L'Energy Management System (EMS)

Optimisation, Pilotage & Supervision de *Centrales Virtuelles*

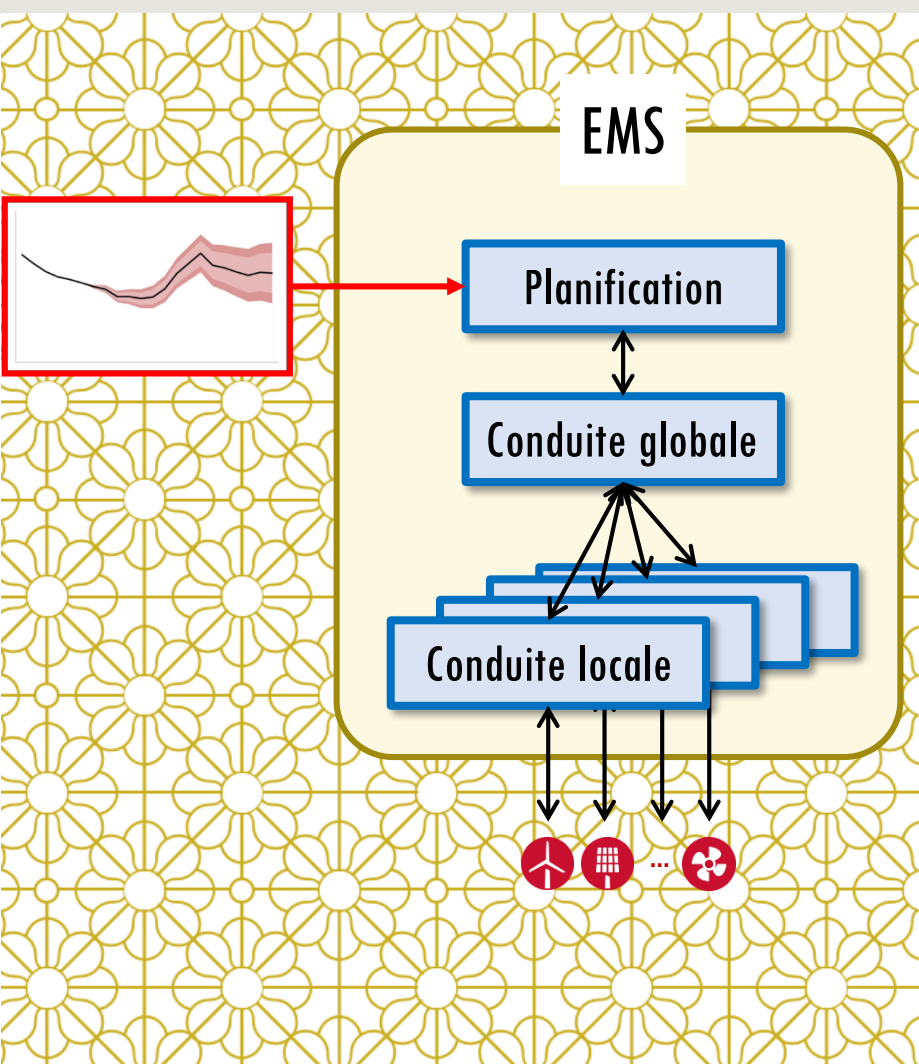
Architecture

Modèles de composants physiques

Modèles de valorisation

...

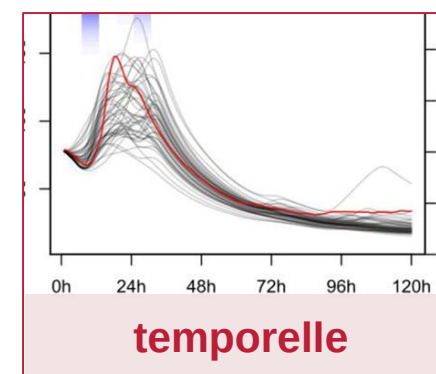
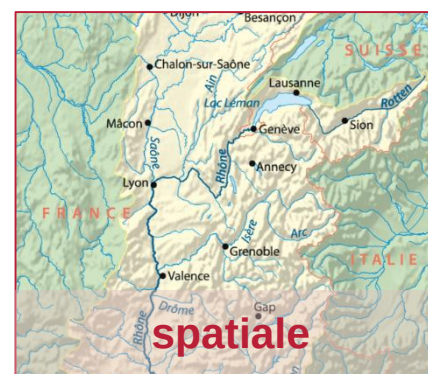
DES OUTILS POUR LA MISE EN ŒUVRE :

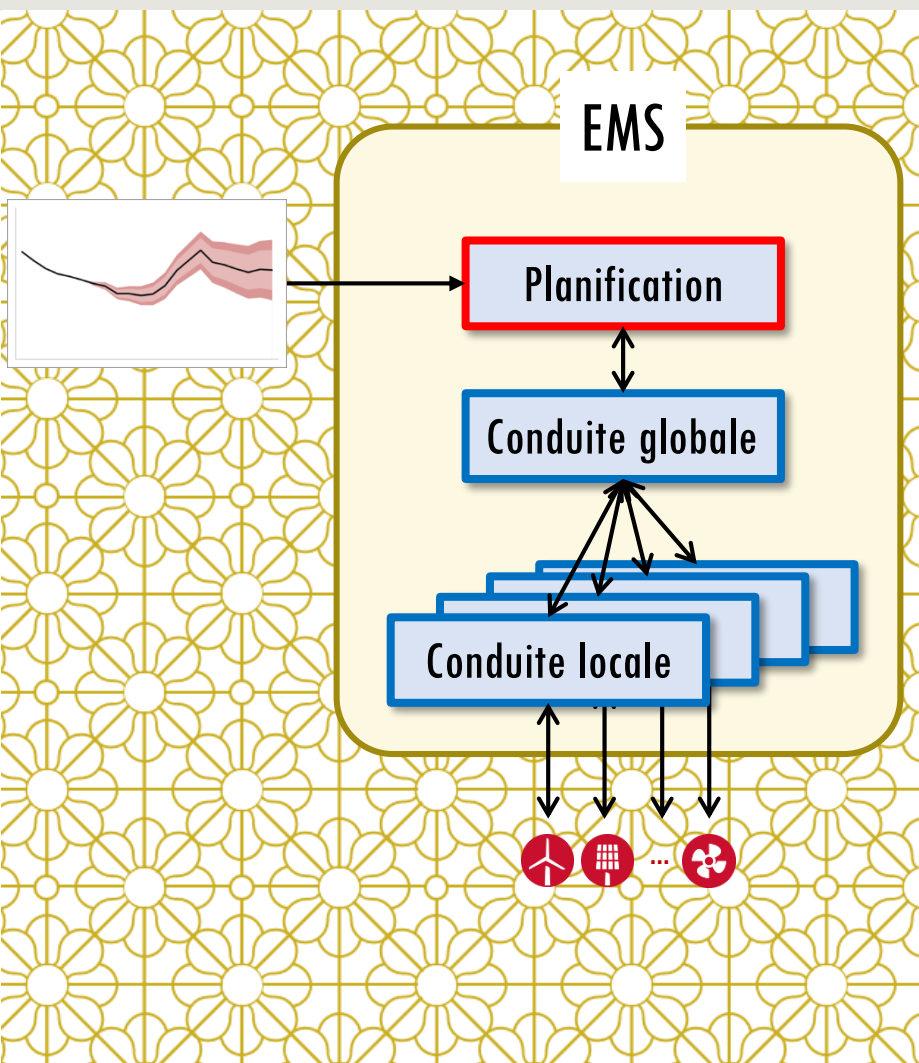


Expression de l'incertitude sur les prévisions

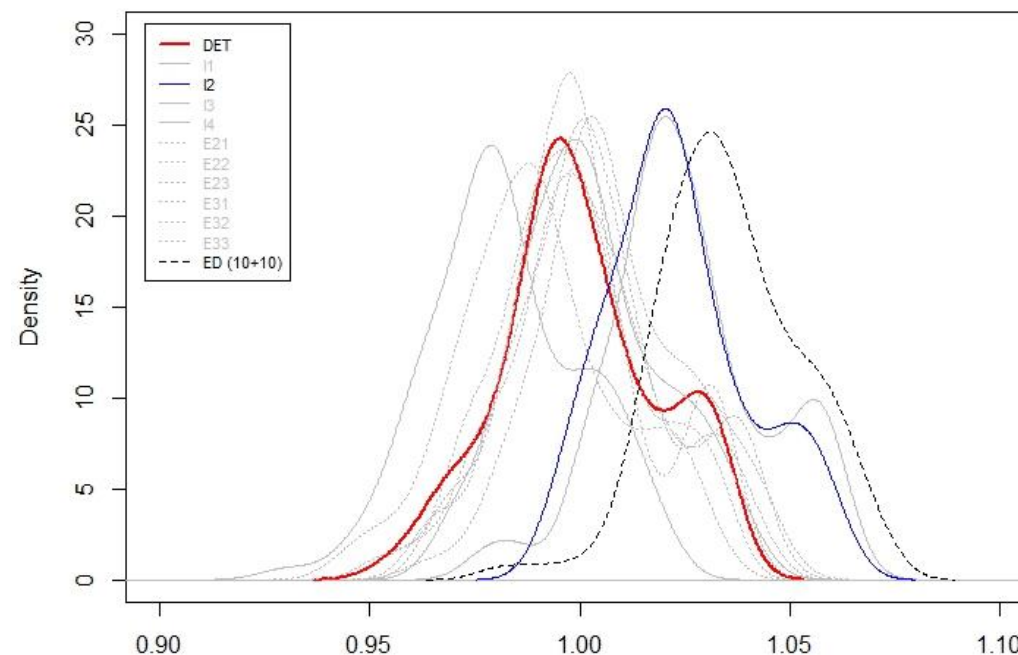
Problématique de fiabilité

Besoin de cohérence entre les prévisions





Optimisation stochastique



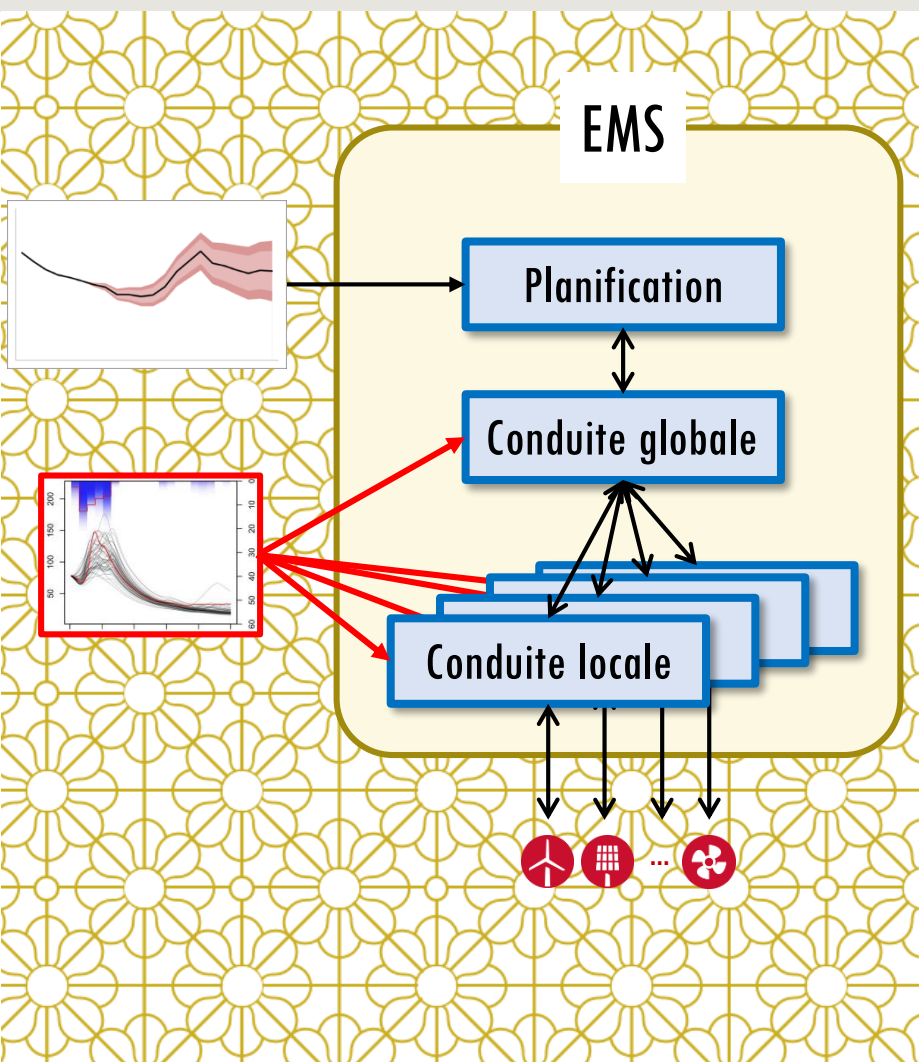
Problématique de temps de calcul

Méta-modélisation

Réduction des données

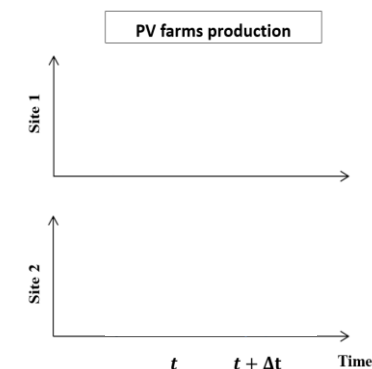
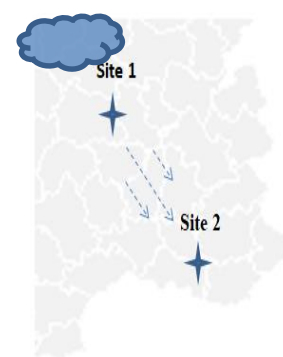
...

DES OUTILS POUR LA MISE EN ŒUVRE :

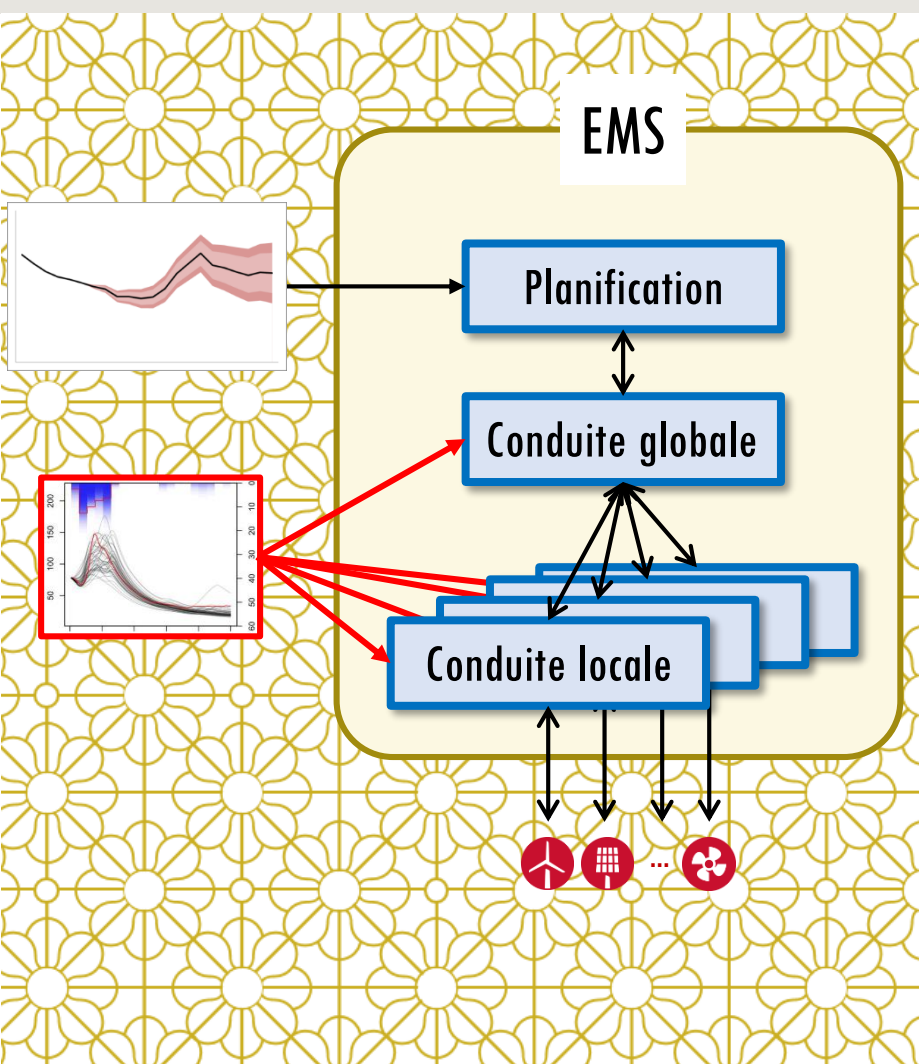


Amélioration des prévisions court-terme

Approches spatio-temporelle



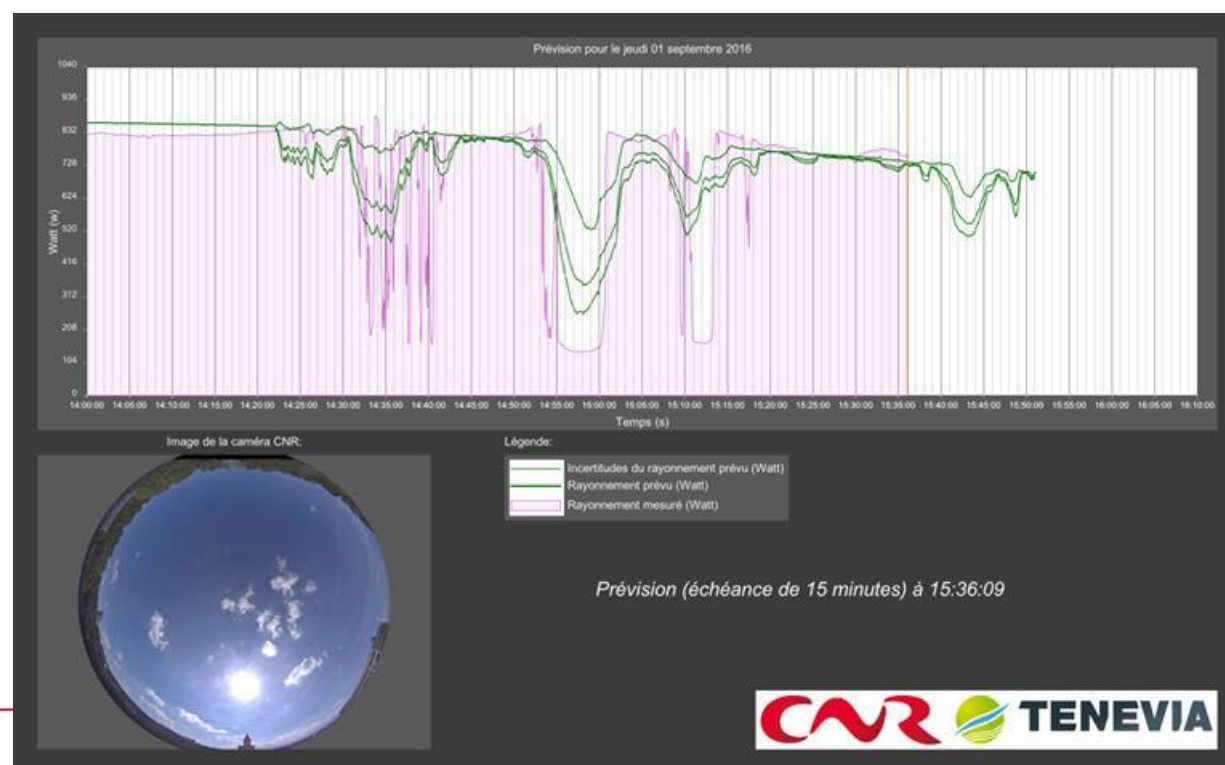
DES OUTILS POUR LA MISE EN ŒUVRE :



Amélioration des prévisions court-terme

Approches spatio-temporelle

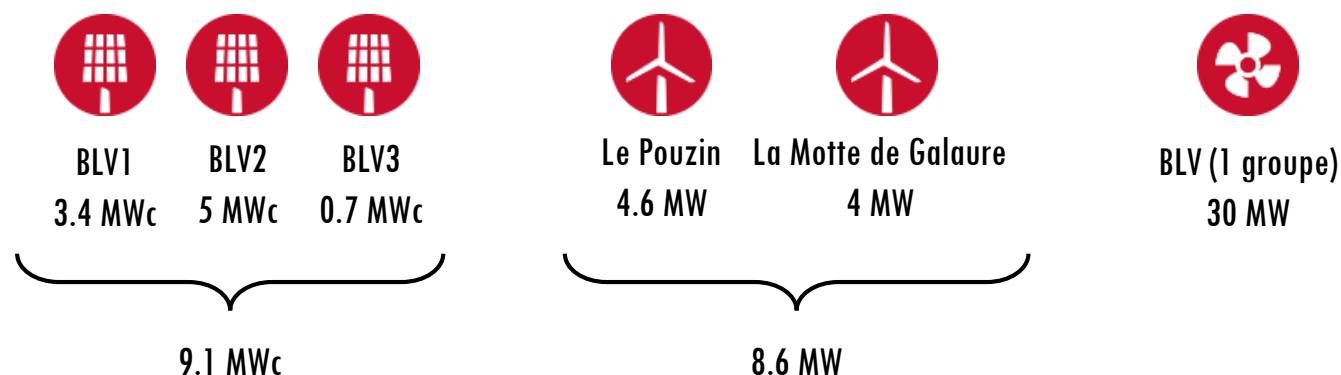
Prévision immédiate



UN PREMIER DEMONSTRATEUR :

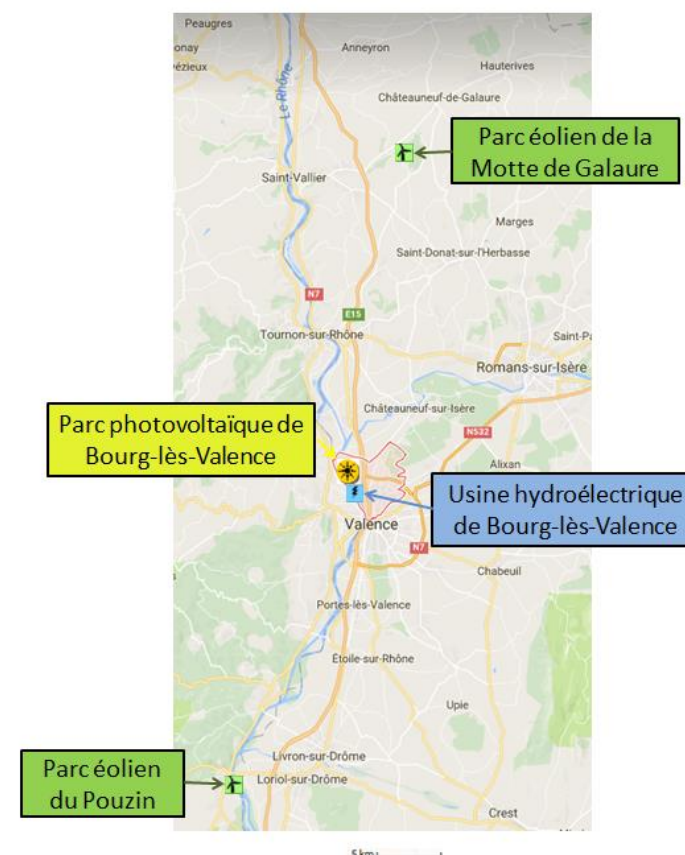
Le Démonstrateur de Bourg-Lès-Valence 3

Projet lauréat de l'AO CRE Solaire Innovant



Début des tests : Q2 2020

Perspective à plus long-terme : intégration des systèmes de stockage de BLV1 pour services systèmes.



L'énergie au cœur des territoires

cnr.tm.fr

