

# Como falhas de previsões podem ser usadas para melhorar os modelos hidrológicos?

**Caso dos eventos de cheia de 2013 na França.**

---

Carina Furusho, Quentin Stomp,  
Charles Perrin, Maria-Helena Ramos



[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)



Encontro Nacional  
de Águas Urbanas

**16, 17 e 18 de setembro de 2014**

Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo – SP

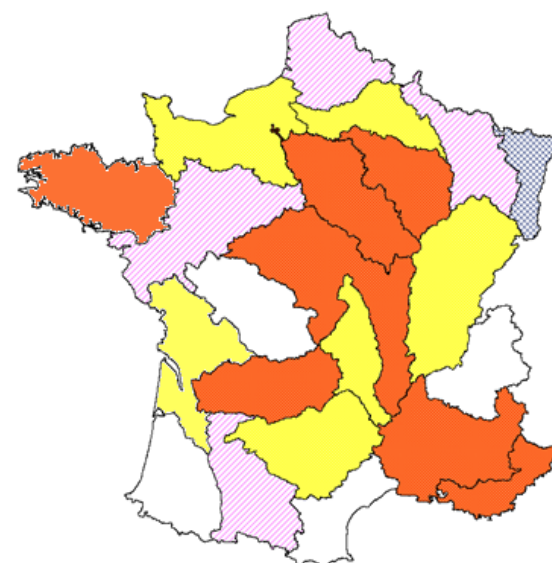
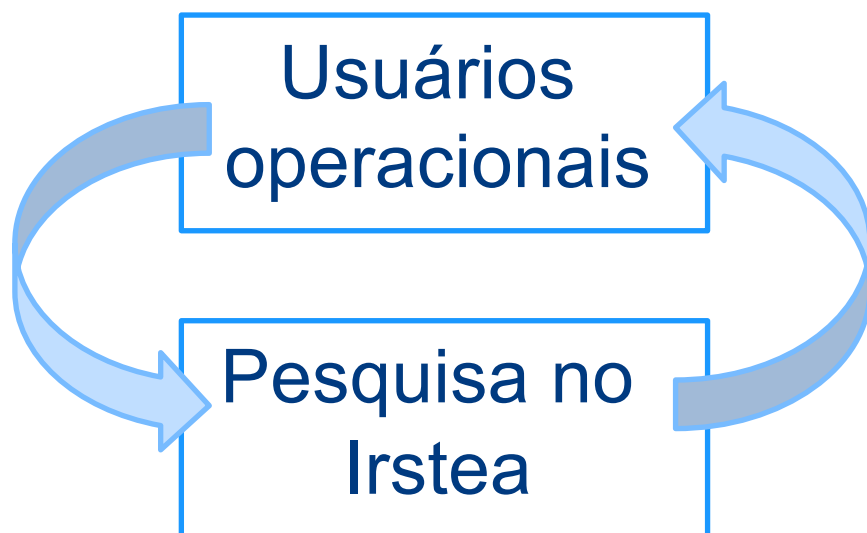








# Objetivos

- Foco em casos **mal-sucedidos** (raramente publicados)
- Identificar oportunidades de evolução do modelo (operacional e científico)
- Ilustrar com um caso de aplicação

# GRP: vocação operacional e de pesquisa



-  Estudos preliminares
-  Início da implementação
-  Fase de testes avançados
-  Operacional

Utilização de GRP pelos Serviços de Previsão de Enchentes (SPC) na França.

# Método

Retornos (feedbacks)  
negativos



**Reavaliar:**

1. Dados – chuva/vazão

viés

variação espacial, extrapolação  
de curvas-chave

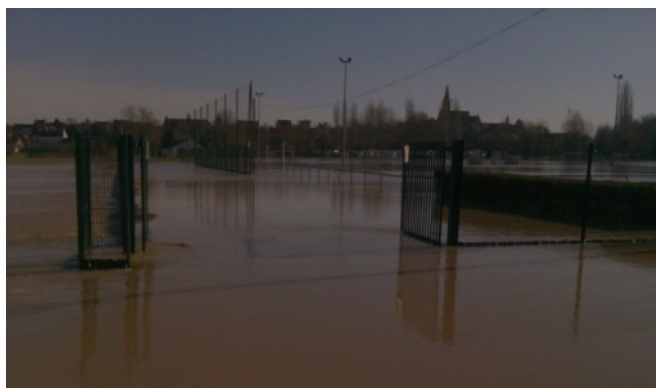
Sistemático

Pontuais

2. Calibragem

3. Estrutura do modelo

# As cheias de 2013 na França



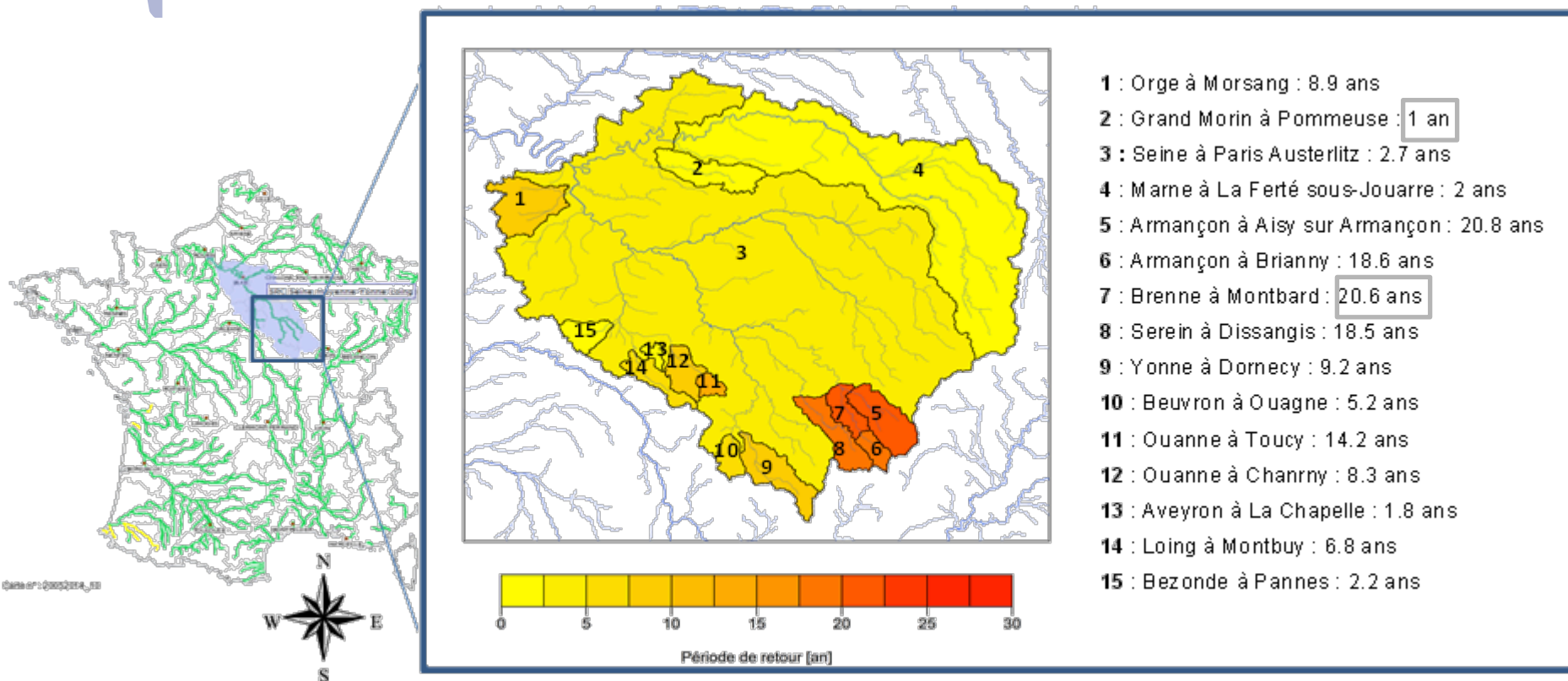
Loing, 29/05/2013  
Fonte: SPC SMYL



Sena, 02/2013



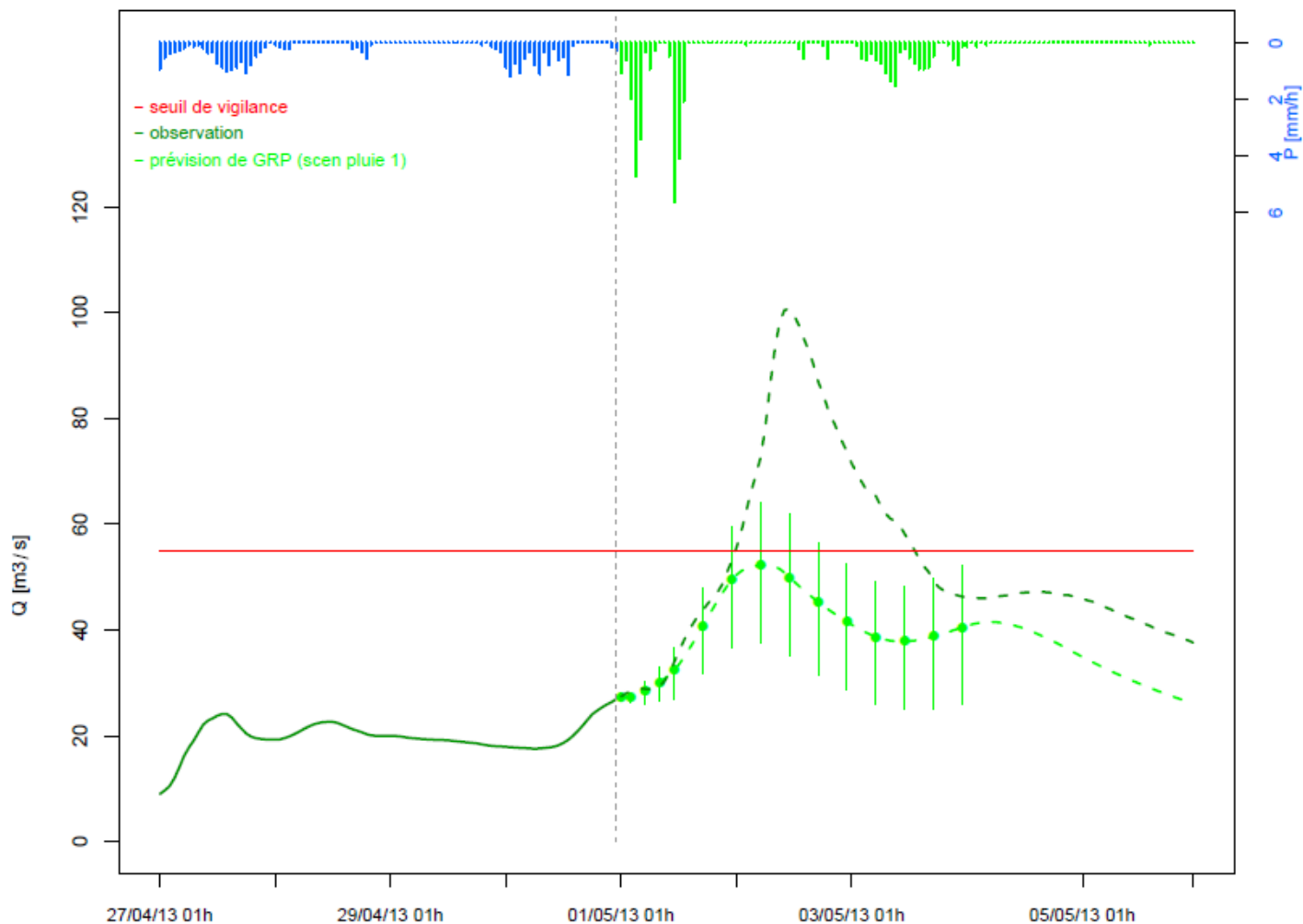
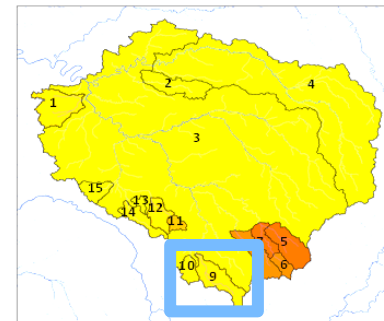
# Períodos de recorrência



Período mediano nas 15 bacias: 9 anos  
 Gumbel com vazões máximas anuais  
 1960-2013 (base HYDRO)

# Yonne, 01/05/2013

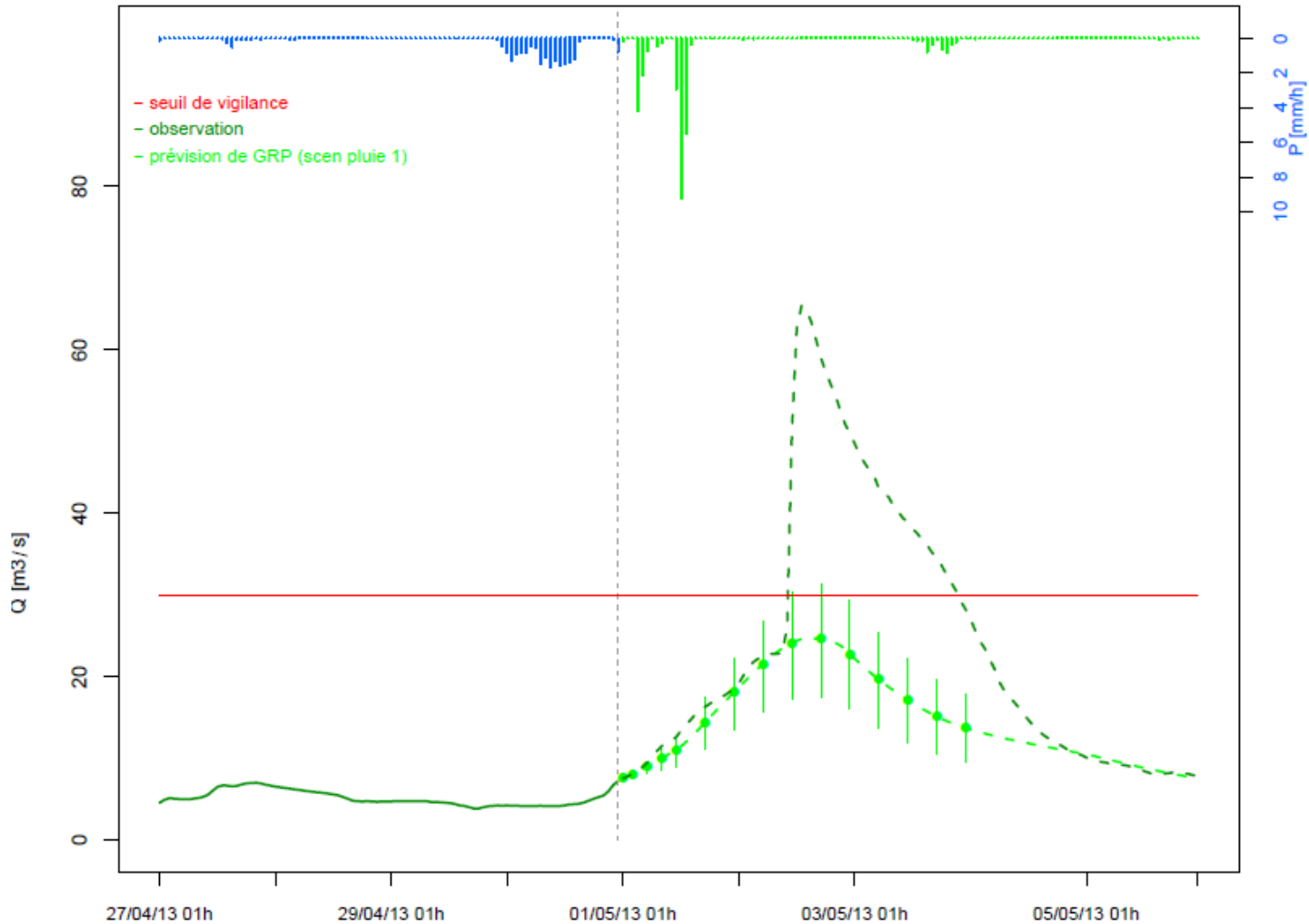
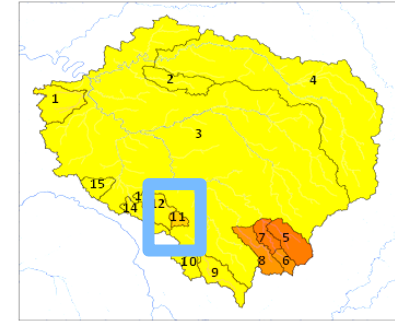
Yonne à Dornecy H2051010 (Superficie de 781.0 km<sup>2</sup>)





# Ouanne, 01/05/2013

Ouanne à Charny H3122010 (Superficie de 562.0 km<sup>2</sup>)



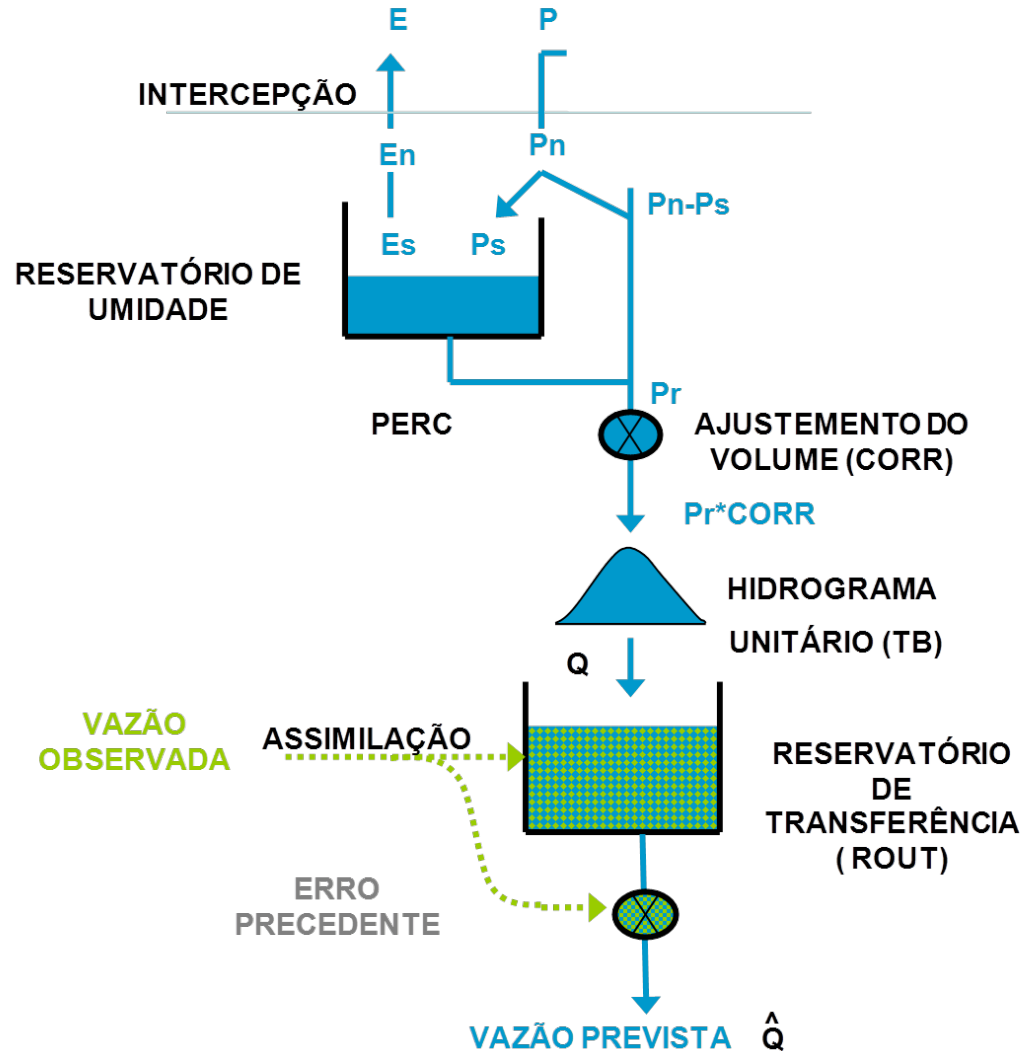




# Revisão da estratégia de calibração

# Estrutura do modelo GRP

- Modelo global, conceitual e contínuo
- escala de tempo horária
- 3 parâmetros calibrados



## Função objetivo

- Erro quadrático
- Erro absoluto
- KGE (Kling & Gupta)

$$\text{RMSE} = \sqrt{1/n \sum_{i=1}^n (Q_{li} + H \hat{I}_{obs} - Q_{li})^2}$$

$$\text{EARM} = \frac{\sum_{i=1}^n |Q_{li} + H \hat{I}_{obs} - Q_{li} + H \hat{I}_{sim}|}{\sum_{i=1}^n (Q_{li} + H \hat{I}_{obs})}$$

$$\text{KGE} = 1 - \text{ED}$$

$$\text{ED} = \sqrt{(r-1)^2 + (\alpha-1)^2 + (\beta-1)^2}$$

$$\alpha = \sigma_{sim} / \sigma_{obs}$$

$$\beta = (\mu_{obs} - \mu_{sim})^2 / \sigma_{obs}^2$$

$\mu_{obs}$  et  $\mu_{sim}$ , médias das vazões

$r$ , coeficiente de correlação

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Q_{li} \hat{I}_{obs} - \mu_{obs})(Q_{li} \hat{I}_{sim} - \mu_{sim}) / \sigma_{obs} \cdot \sigma_{sim}$$

## Seleção de registros para calibração

- Período inteiro
- Vazões acima de um nível
- Vazões em **aumento**

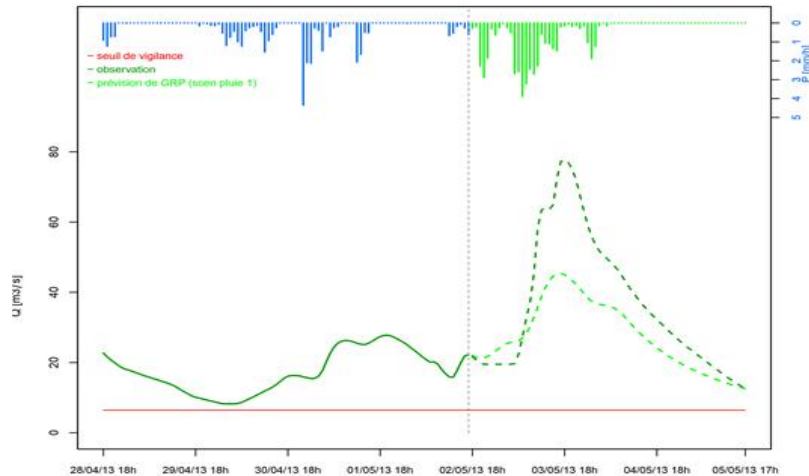
- Evitar perturbações de barragens que regulam as vazões de estiagem
- Enfatizar as vazões mais fortes



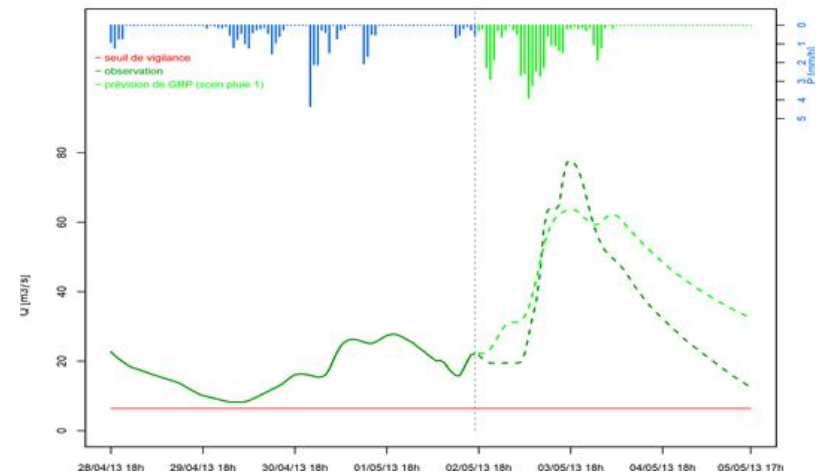
# Resultados

Armançon à Briany, 01/05/2013

Calibração original



Calibração em vazões em elevação

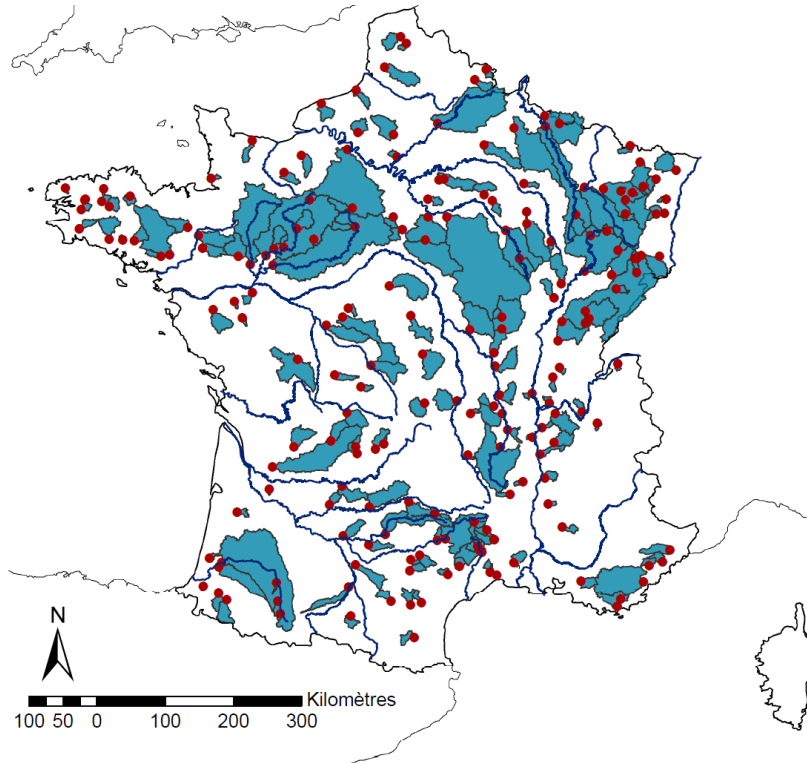


Performance geral não degradada

Estratégia	RMSE período completo	RMSE elevação	EARM período completo	EARM elevação	KGE período completo	KGE elevação
Eficiência (C2MP)	0.36	0.39	0.32	0.37	0,30	0,32
CSI	42.82	43.44	32.65	38.47	35,4	41,81



# Verificação em uma amostra de 200 bacias



Verificações:

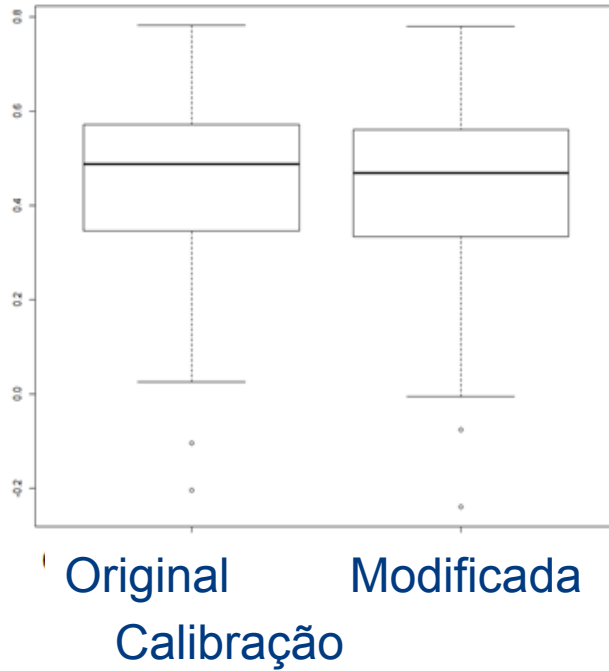
Melhora de previsão  
de eventos  
importantes

Não degradação da  
eficiência global

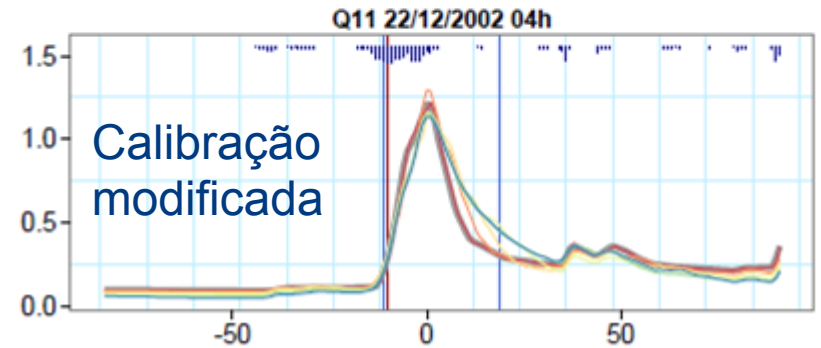
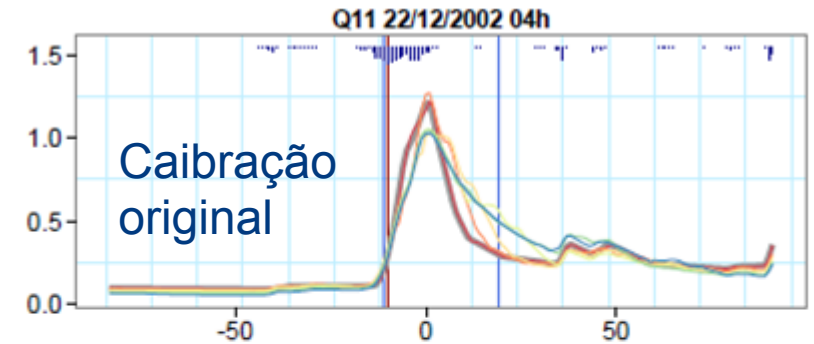
Variação dos  
parâmetros

# Verificação em uma amostra de 200 bacias

Eficiência



L'Elorm à Commana, 9km<sup>2</sup>



Horizon 1 6 12 24 48 72



18 de setembro de 2014  
Hotel Maksoud Plaza  
São Paulo - SP



## Conclusões

- Identificação de questões científicas potenciais sobre:
  - A extrapolação de dados de vazão e o impacto da distribuição espacial das chuvas em certos eventos
  - A estrutura do modelo para bacias de comportamento peculiar
  - A estratégia de calagem
- Resposta operacional satisfatória:
  - A estratégia de calagem revisada permite ao modelo de reduzir o erro de maneira significativa no evento particularmente importante de maio 2013 nas bacias de estudo, sem perder a eficiência geral.





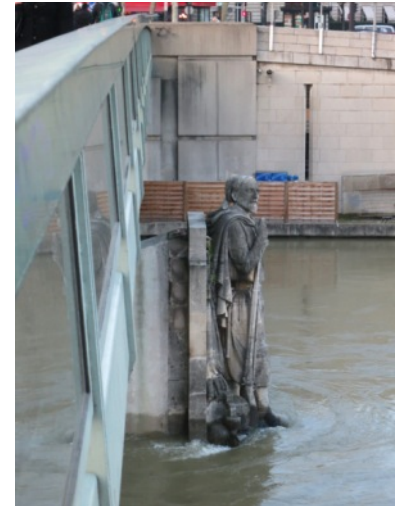
**Muito obrigada**

**webgr.irstea.fr**

**[carina.furusho@irstea.fr](mailto:carina.furusho@irstea.fr)**



[www.irstea.fr](http://www.irstea.fr)

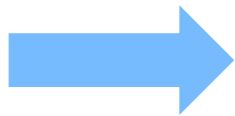
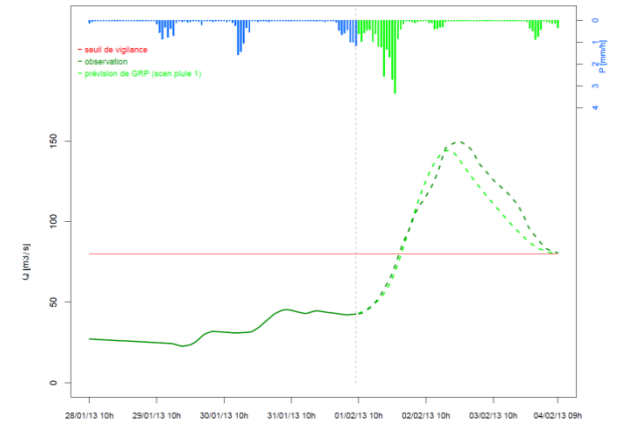
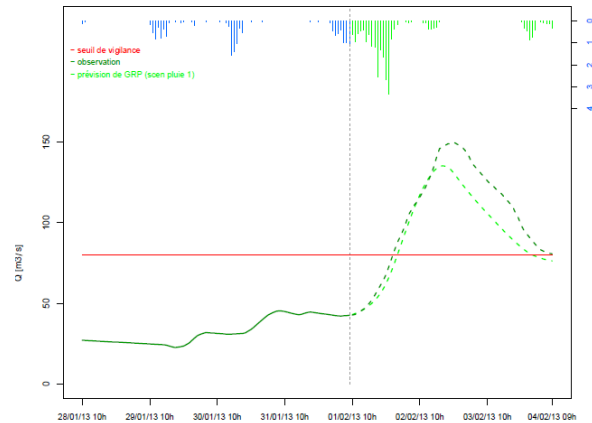
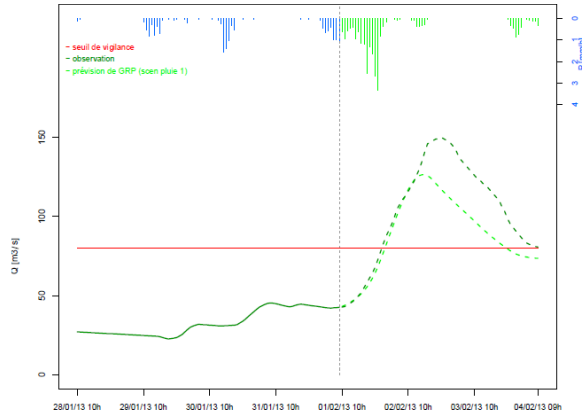


# Resultados

Sem vazão mínima

Vazão mínima:  
80 m<sup>3</sup>/s

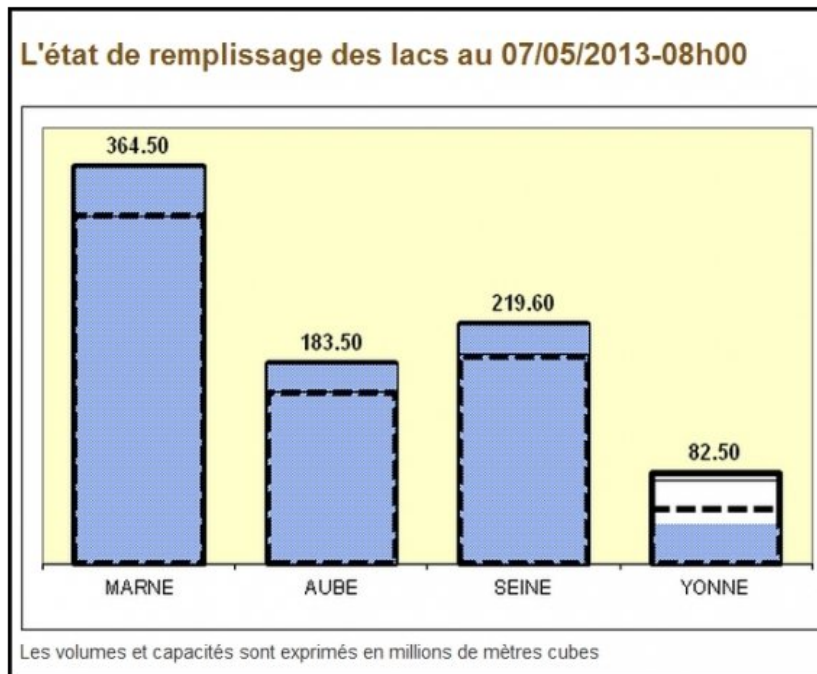
Vazão mínima:  
100 m<sup>3</sup>/s



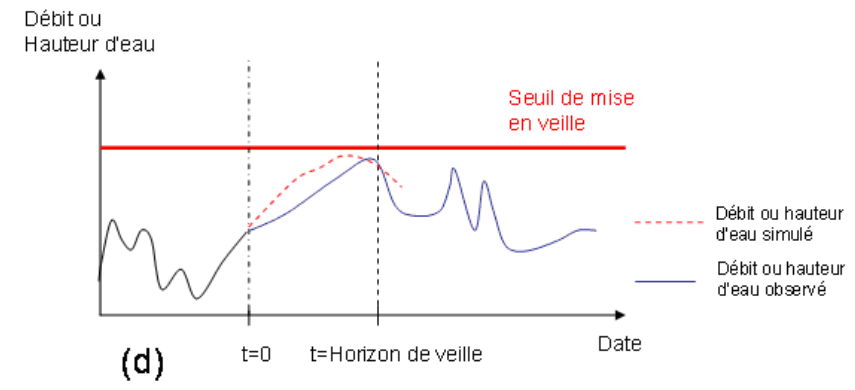
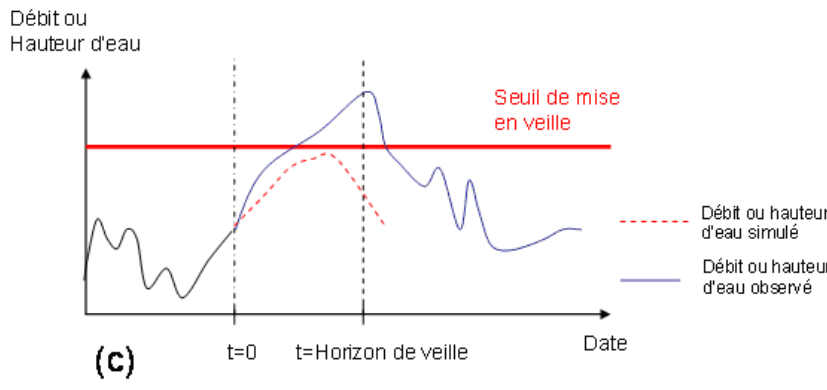
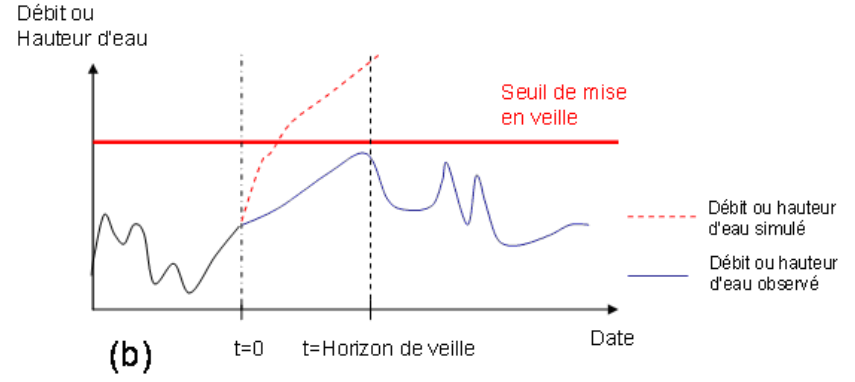
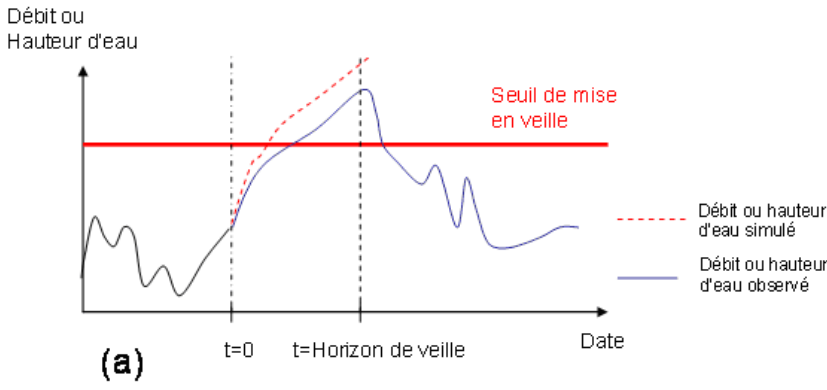
Determinação de um nível ótimo para cada bacia



# Cheias de maio 2013



- Pluviometria 70% superior ao normal (1981-2013)  
(bulletin climatique de mai 2013, CMIR-Paris)
- Solos saturados
- Grandes lagos a 90% da capacidade



Observação

		Observação	
		Limite ultrapassado	Abaixo do limite
Prévision	Limite ultrapassado	(a) Alerta correto	(b) Alerta falso
	Abaixo do limite	(c) Alerta perdido	(d)

$$CSI = \frac{a}{a + b + c}$$

$$POD = \frac{a}{a + c}$$

$$FAR = \frac{b}{a + b}$$

# Le calage du modèle – Critères

## GRP

### Persistence

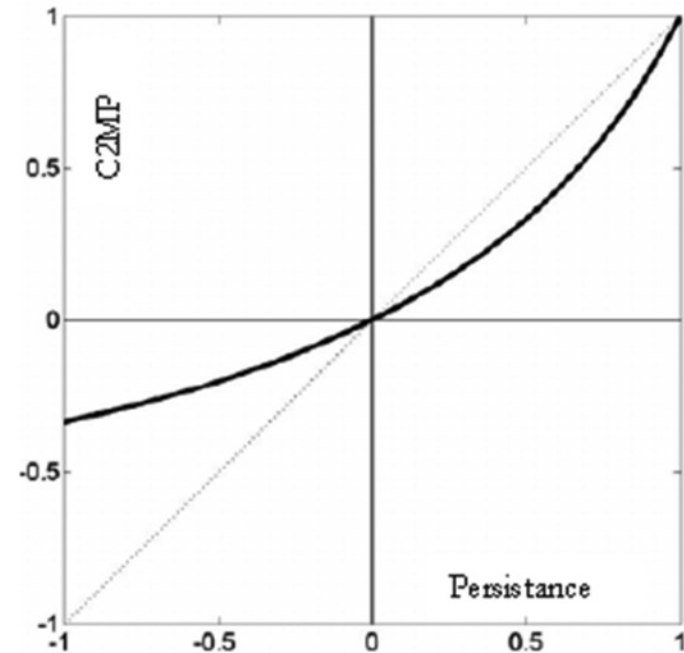
Comparaison du modèle au modèle naïf

$$Eff = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i+L) - Q_{prev}(i+L))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_{obs}(i+L) - Q_{obs}(i))^2}$$

### C2MP (borné [-1;1])

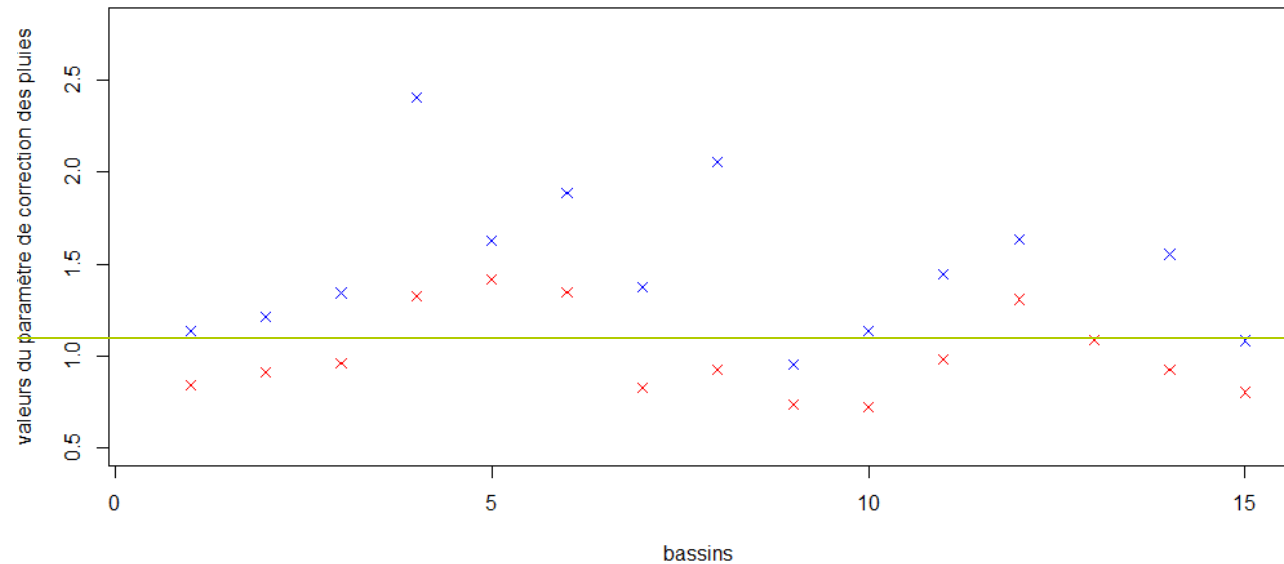
Permet d'établir des moyennes de performance sur un ensemble de Bassin

$$C2MP = \frac{Eff}{2 - Eff}$$



# Variação dos parâmetros

- 1 : Yonne à Dornecy
- 2 : Beuvron à Ouagne
- 3 Serein à Dissangis
- 4 : Armançon à Brianny
- 5 : Brenne à Montbard
- 6 : Armançon à Aisy sur Armançon
- 7 : Loing à Montbouy
- 8 : Aveyron à La Chapelle
- 9 : Ouanne à Toucy
- 10 : Ouanne à Charnny
- 11 : Bezonde à Pannes
- 12 : Orge à Morsang
- 13 : Marne à La Ferté sous Jouarre
- 14 : Grand Morin à la Pommeuse
- 15 : Seine à Paris Austerlitz



✖ Calibragem no **periodo completo**

✖ Calibragem somente vazões em aumento

Para 60% das bacias: **CORR < 1** ➡ **CORR > 1**