

# LA NUIT DES CHERCHEURS

27 SEPTEMBRE



*Gardon d'Alès 1907*

# LA NUIT DES CHERCHEURS

27 SEPTEMBRE



## L'intelligence artificielle pour la prévision des crues éclair

### *Les mondes inconnus*

Anne Johannet, École des Mines  
d'Alès, 27 septembre 2013

# Contexte sociétal des travaux

## Contexte des travaux



- La bordure cévenole et plus généralement tous les massifs montagneux et pourtours de la Méditerranée sont soumis à des crues très intenses, localisées et dévastatrices
- Demande sociétale et institutionnelle relative à la prévision des aléas
- Projets de recherche



# Qu'est ce qu'une crue éclair ?

## ■ Les crues rapides

- Montée de quelques dizaines de  $\text{m}^3/\text{s}$  à plus de  $2000 \text{ m}^3/\text{s}$  en quelques heures
- Épisode de 2002 dans le Gard (27 victimes, 1,2 milliards d'euros)
- Épisode de 2010 dans le Var (25 victimes, 1,5 milliards d'euros)

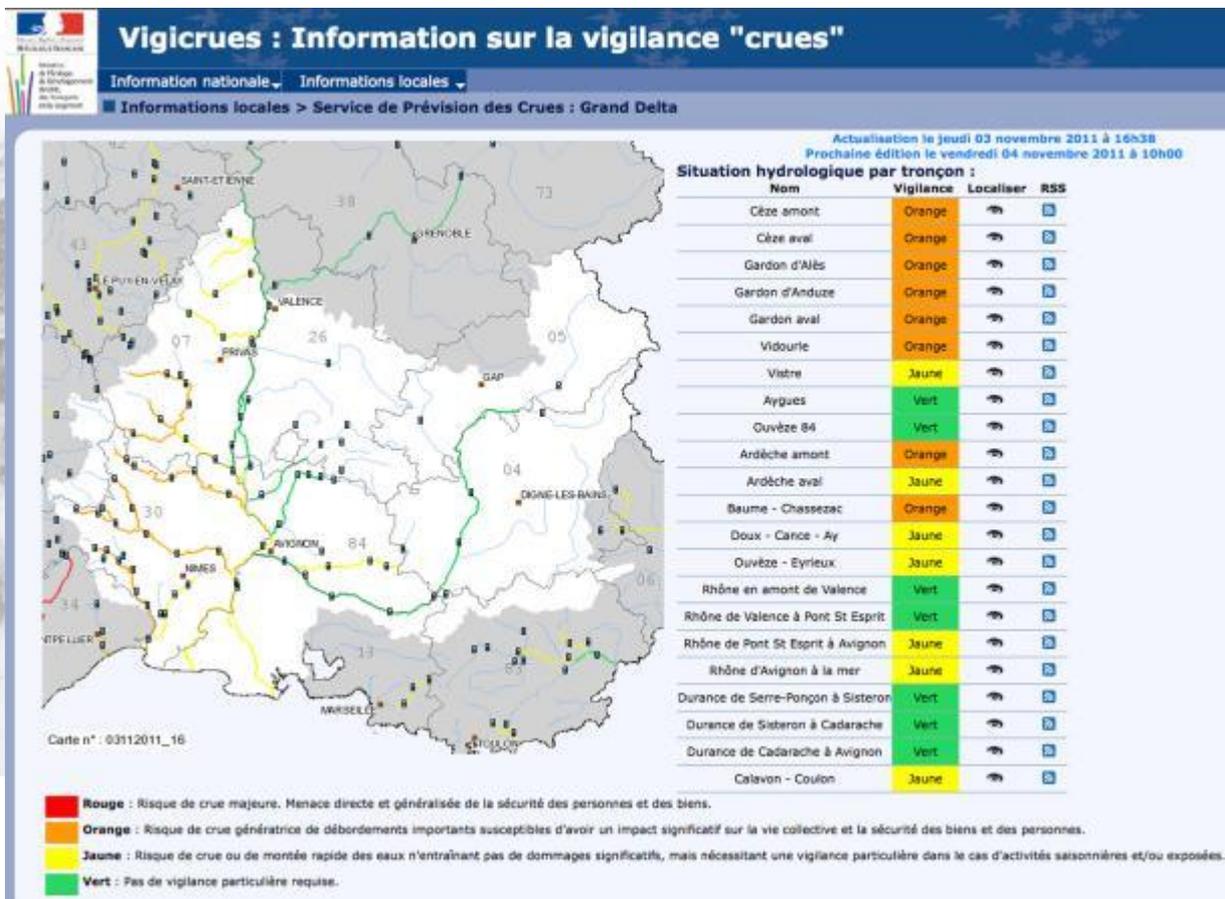


*Pont SNCF de Ners : 1958 (gauche), 2002 (droite)*

## La réponse institutionnelle

- **Restructuration en SPC (Services de Prévision des crues)**
- **Création du SCHAPI**
- **Mise en place du service vigicrues (<http://www.vigicrues.gouv.fr/>)**

# Vigilance fiable accessible à la population, aux services de l'état et aux média



# Objectifs sociétaux de nos recherches

## ■ Prédiction de l'aléa

- Définition de modèles de prévisions, temps réel, à très courte échéance (5h)
  - Est-ce utile ?



*Crue du 9 septembre à Anduze*

- Ces modèles ont pour finalité d'être intégrés à la plate-forme temps réel du SCHAPI afin de permettre aux prévisionnistes d'alimenter la carte vigicrues.





# Contexte scientifique des travaux

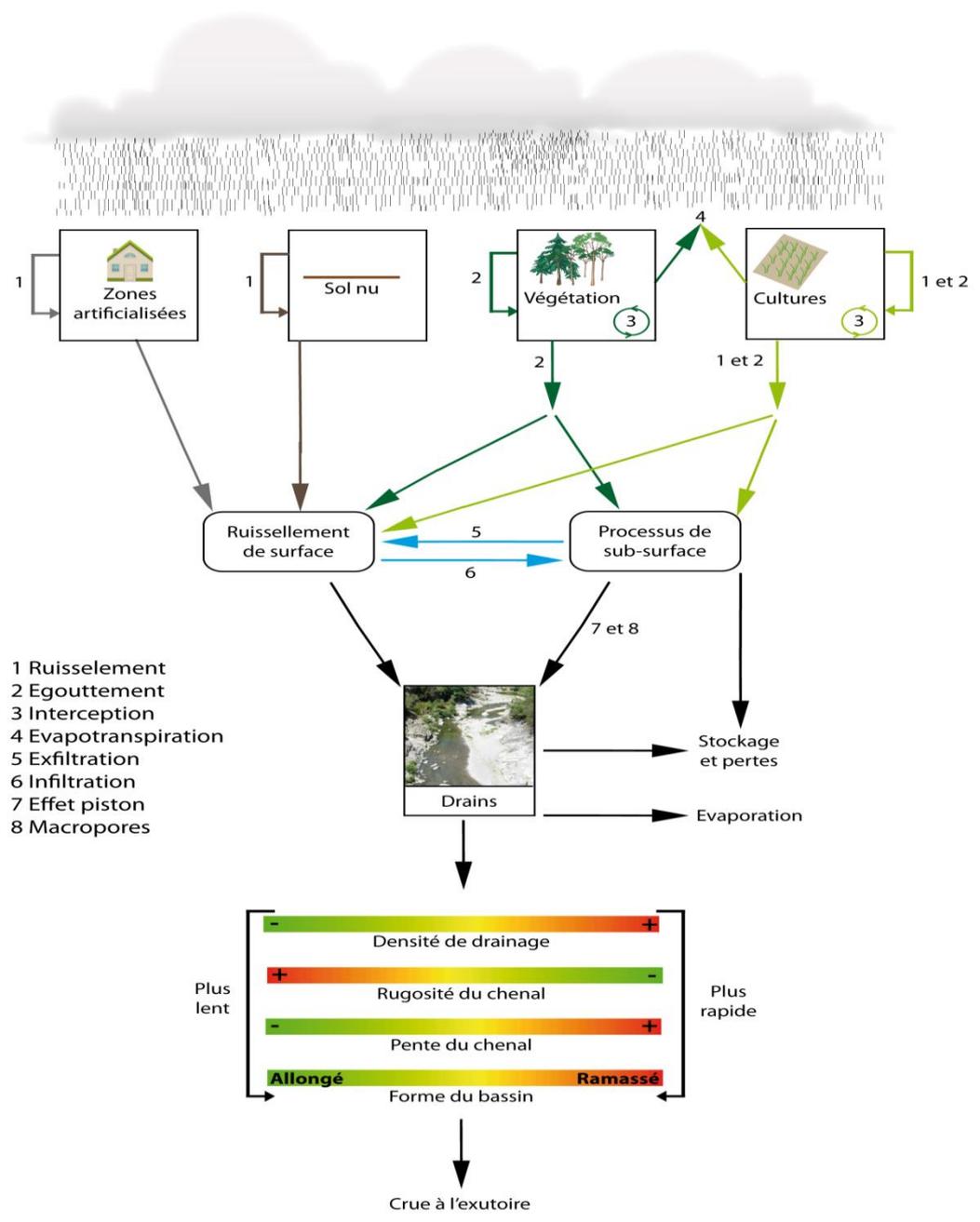
## Contexte scientifique

### ■ Hydrologie : crues rapides

- Méconnaissance du processus de génération des crues rapides
- Couplage hydrométéorologique entraînant une grande complexité
- Bases de données entachées de bruits de mesure et d'incertitudes considérables
- Grande incertitude sur la prévision du forçage atmosphérique

### ■ Hydrogéologie : crues karstiques

- Phénomène difficile à observer (souterrain) et dépendant de la structure géologique des terrains

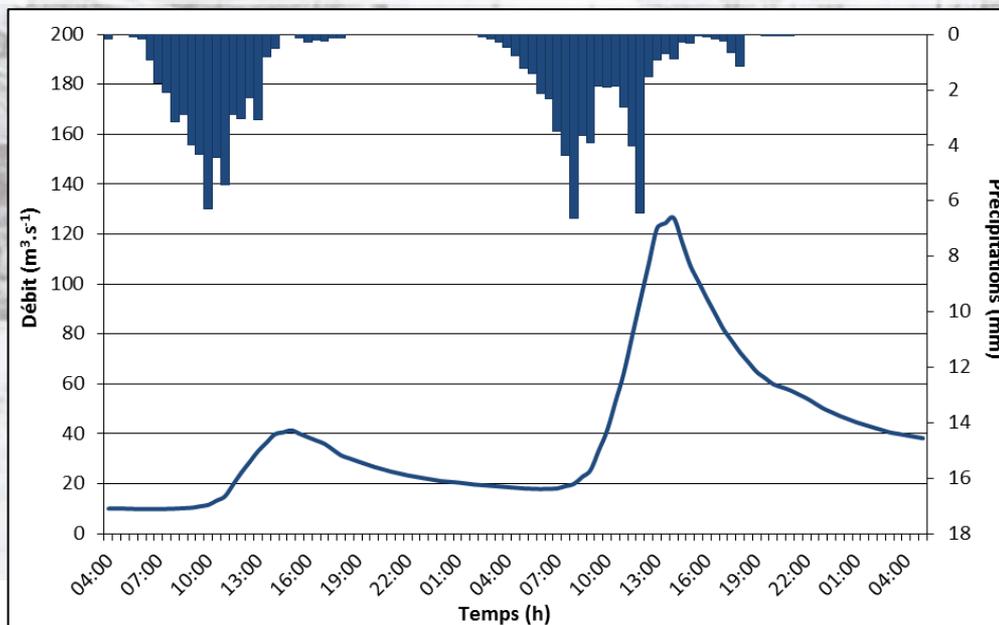


Thèse de G. Artigue

# Contexte scientifique

## ■ Hydrologie : crues rapides

- Méconnaissance du processus de génération des crues rapides

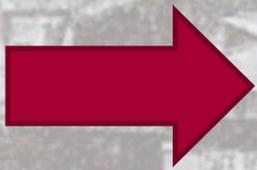


*Non-linéarité de la relation Pluie-Débit (Gardon de Mialet), thèse G. Artigue*

# Pourquoi l'Intelligence Artificielle ?

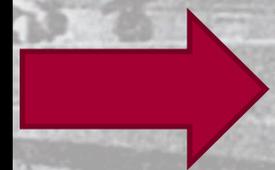
- Boîte noire fondée sur l'approche systémique

Pluies



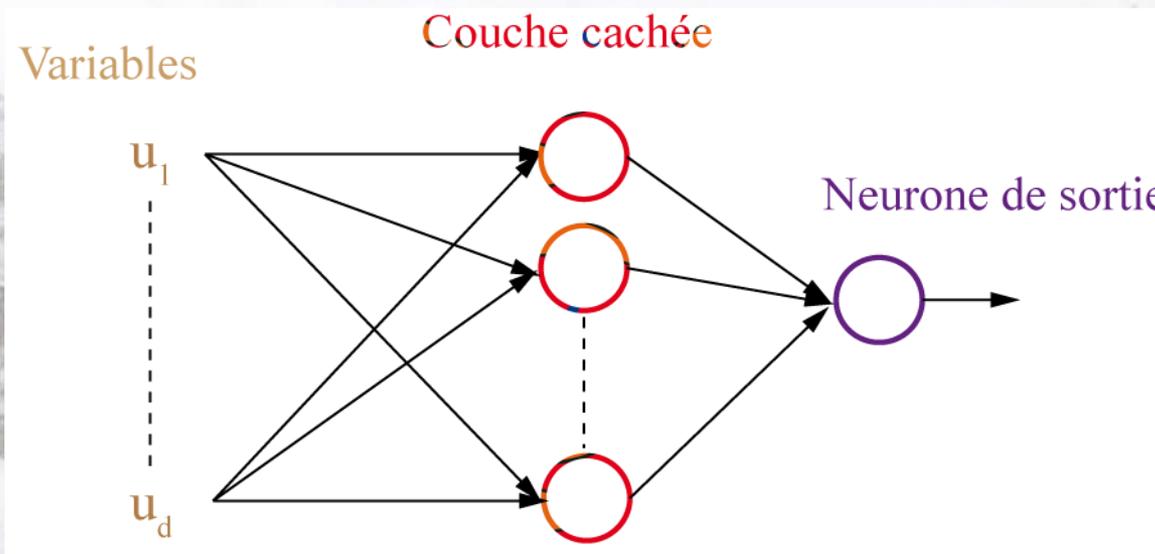
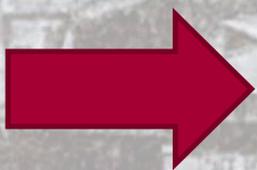
Systeme =  
fonction mathématique

Débit



# Les réseaux de neurones artificiels

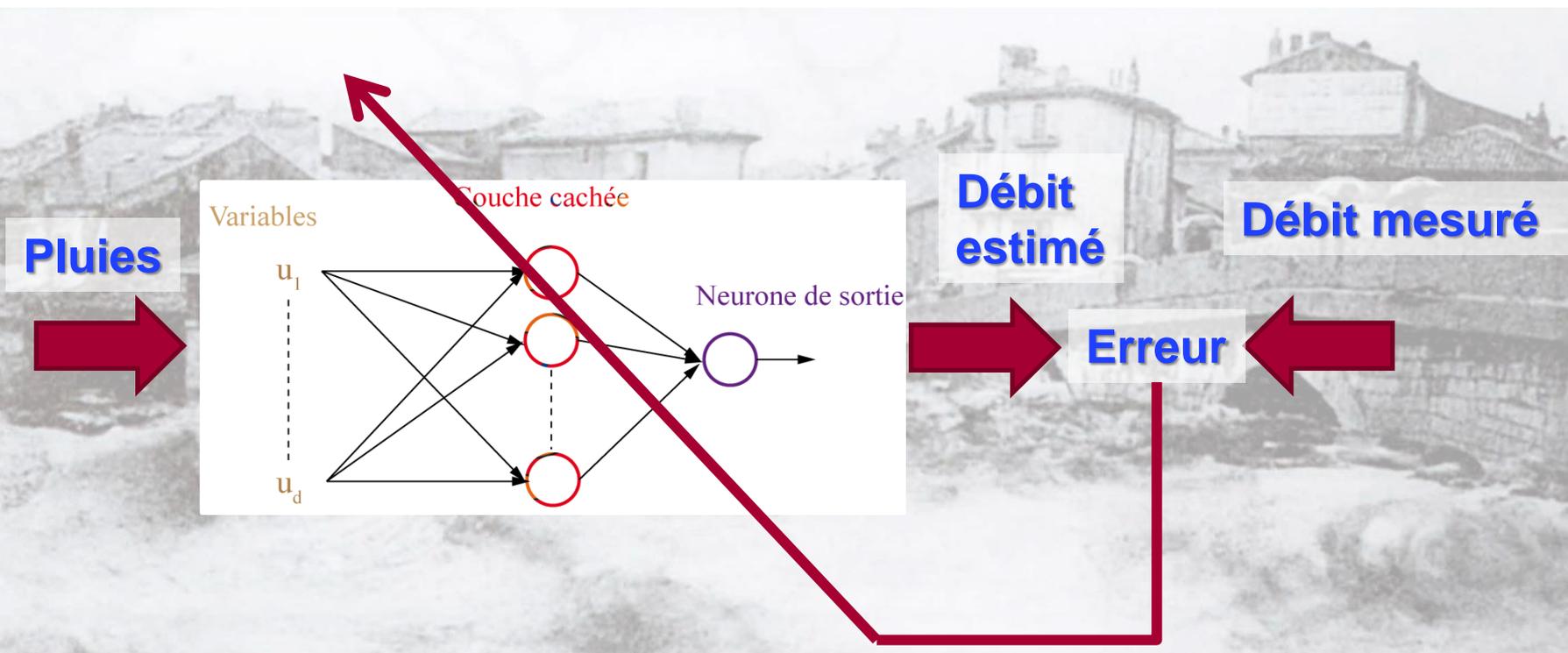
Pluies



Débit



# Les réseaux de neurones artificiels : apprentissage



# Modèles statistiques

- Le modèle est fondé uniquement sur des bases de données
- Mesures
- Le bruit et l'imprécision
- Généralisation



# Quelques résultats



Financement ANR



*Crue du 9 septembre 2002 à Anduze (mémoire M2 L. Bianciotto)*

« Conception de modèles de prévision des crues éclair par apprentissage artificiel »

# Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier



Financement ANR



*Crue du 9 septembre 2002 à Anduze (mémoire M2 L. Bianciotto)*

- **Objectif** : définir le prototype destiné à alimenter, en temps réel, la carte de vigilance nationale Vigicrues



# Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier



Financement ANR



*Crue du 9 septembre 2002 à Anduze (mémoire M2 L. Bianciotto)*

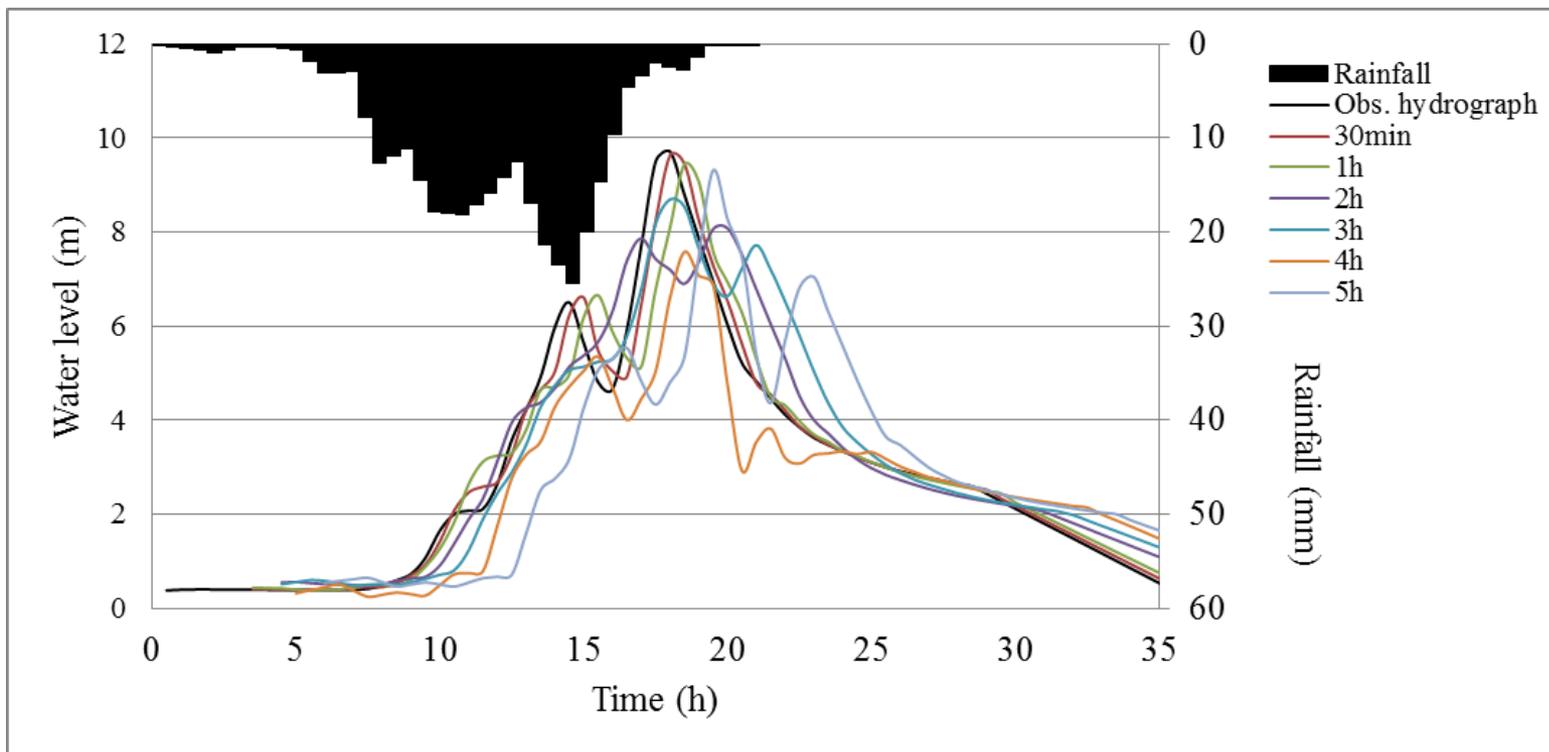
- **Verrou scientifique : comment palier les bruits et incertitudes de mesures considérables ?**



# Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier



Financement ANR



**Prévision des hauteurs d'eau à Anduze, en l'absence de prévision de pluies, pour 6 horizons de prévision**

**Évènement de septembre 2002**





## Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier : Fruits de la recherche

Financement ANR  
et SCHAPI

- **Démonstrateur logiciel de prévision de crues, DEMEAU** (<http://blog.espci.fr/flash/le-demonstrateur/>)
- Prototype logiciel de prévision, en test au SCHAPI : EM'EAU
- Tous deux développés par une entreprise du bassin alésien : GEONOSIS (<http://www.geonosis.fr>)



# Démonstrateur de prévision de crues par réseaux de neurones



S  
C  
H  
A  
P  
I

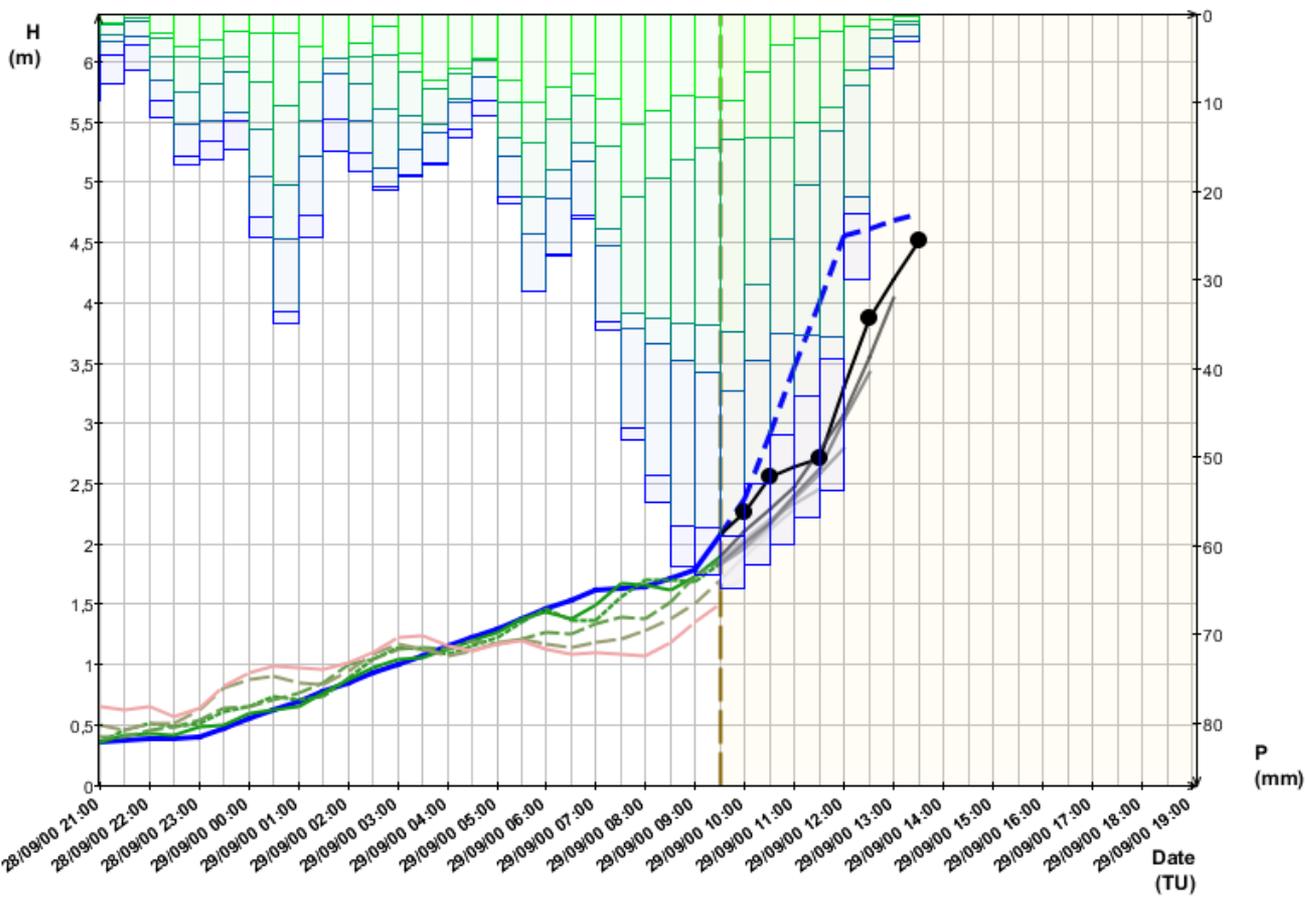


Sans prévision de pluie
  Pluies parfaites
 Forts

## Evénements

- 22/09/94 - 24/09/94
- 03/10/95 - 06/10/95
- 13/10/95 - 15/10/95
- 10/11/96 - 13/11/96
- 04/11/97 - 07/11/97
- 24/11/97 - 28/11/97
- 16/12/97 - 20/12/97
- 20/10/99 - 21/10/99
- 28/09/00 - 30/09/00**
- 12/11/00 - 15/11/00
- 08/09/02 - 10/09/02
- 24/09/06 - 25/09/06
- 18/10/06 - 20/10/06
- 16/11/06 - 18/11/06
- 20/11/07 - 23/11/07
- 21/10/08 - 23/10/08
- 31/10/08 - 03/11/08

Gardon d'Anduze à Anduze - Modèle Pluies parfaites - Forts : 28/09/00 - 30/09/00



- Hauteurs observées
- Hauteurs futures
- Pluies observées
  - Barre des Cévennes
  - Soudorgues
  - Saumane
  - Mialet
  - St Roman
  - Anduze
- Prévisions effectuées à
  - $t$
  - $t - 1$
  - $t - 2$
  - $t - 3$
  - $t - 4$
  - $t - 5$
  - $t - 6$
  - $t - 7$
- Prévisions passées
  - HP 0.5h
  - HP 1h
  - HP 2h
  - HP 3h
  - HP 4h

Développé par





## Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier : fruits de la recherche

Financement ANR  
et SCHAPI

- **Démonstrateur logiciel de prévision de crues, DEMAU** (<http://blog.espci.fr/flash/le-demonstrateur/>)
- Prototype logiciel de prévision, en test au SCHAPI : EM'EAU
- Tous deux développés par une entreprise du bassin alésien : GEONOSIS (<http://www.geonosis.fr>)





## Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier : fruits de la recherche

Financement ANR  
et SCHAPI

- **Démonstrateur logiciel de prévision de crues, DEMEAU (<http://blog.espci.fr/flash/le-demonstrateur/>)**
- **Prototype logiciel de prévision, en test au SCHAPI : EM'EAU**
- **Tous deux développés par une entreprise du bassin alésien : GEONOSIS (<http://www.geonosis.fr>)**





## Thèse d'Audrey Bornancin-Plantier : fruits de la recherche

Financement ANR  
et SCHAPI

- Démonstrateur logiciel de prévision de crues, **DEMEAU** (<http://blog.espci.fr/flash/le-demonstrateur/>)
- Prototype logiciel de prévision, en test au SCHAPI : **EM'EAU**
- Tous deux développés par une entreprise du bassin alésien : **GEONOSIS** (<http://www.geonosis.fr>)





Franchissement de l'Alzon, le 9 septembre 2002 à St-Jean-du-Pin

# « Prédiction des Crues Éclair par Réseaux de Neurones : Généralisation aux Bassins non Jaugés. »

# Thèse de Guillaume Artigue



Franchissement de l'Alzon, le 9 septembre 2002 à St-Jean-du-Pin

- **Objectif** : réaliser des prévisions sur les petits bassins non équipés de station de mesures (les plus nombreux, les plus rapides)

# Thèse de Guillaume Artigue



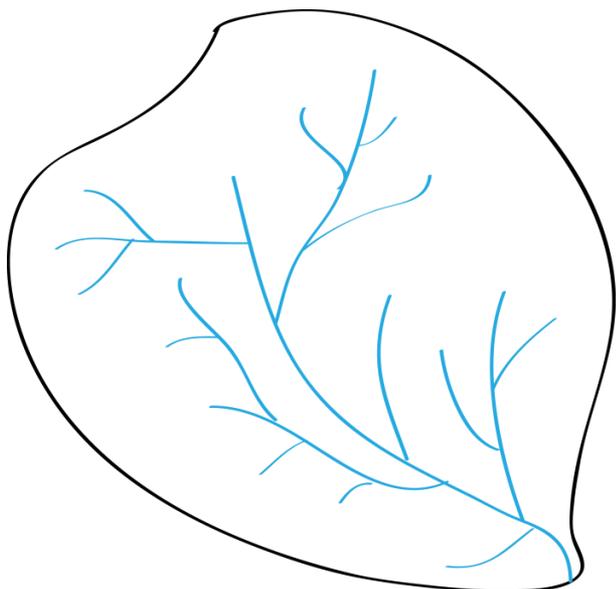
Franchissement de l'Alzon, le 9 septembre 2002 à St-Jean-du-Pin

- **Verrou scientifique : comment obtenir un modèle statistique sans base de données ?**

# Thèse de Guillaume Artigue

## ■ Régionalisation

Financement SCHAPI

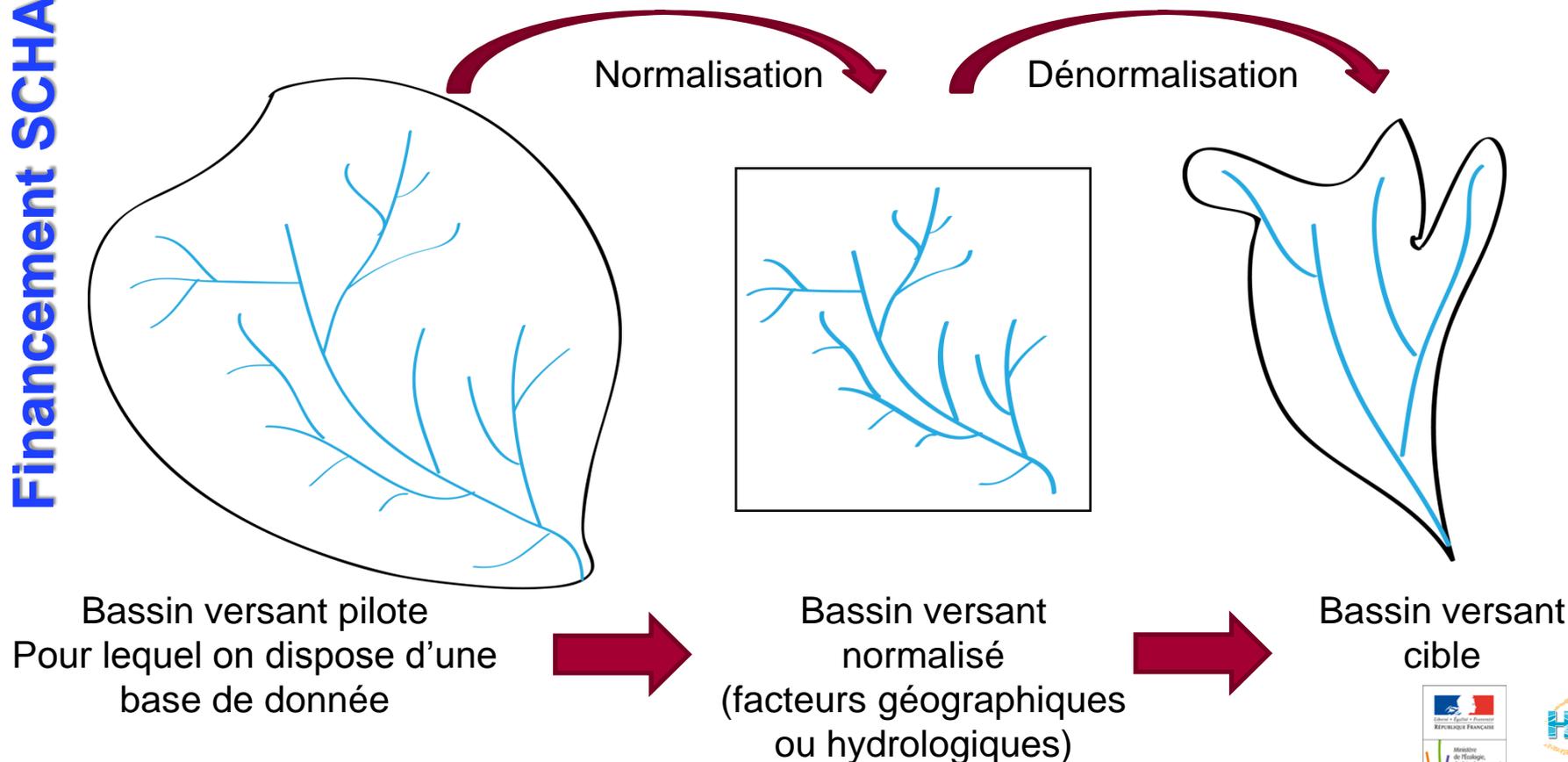


Bassin versant pilote  
Pour lequel on dispose d'une  
base de donnée

# Thèse de Guillaume Artigue

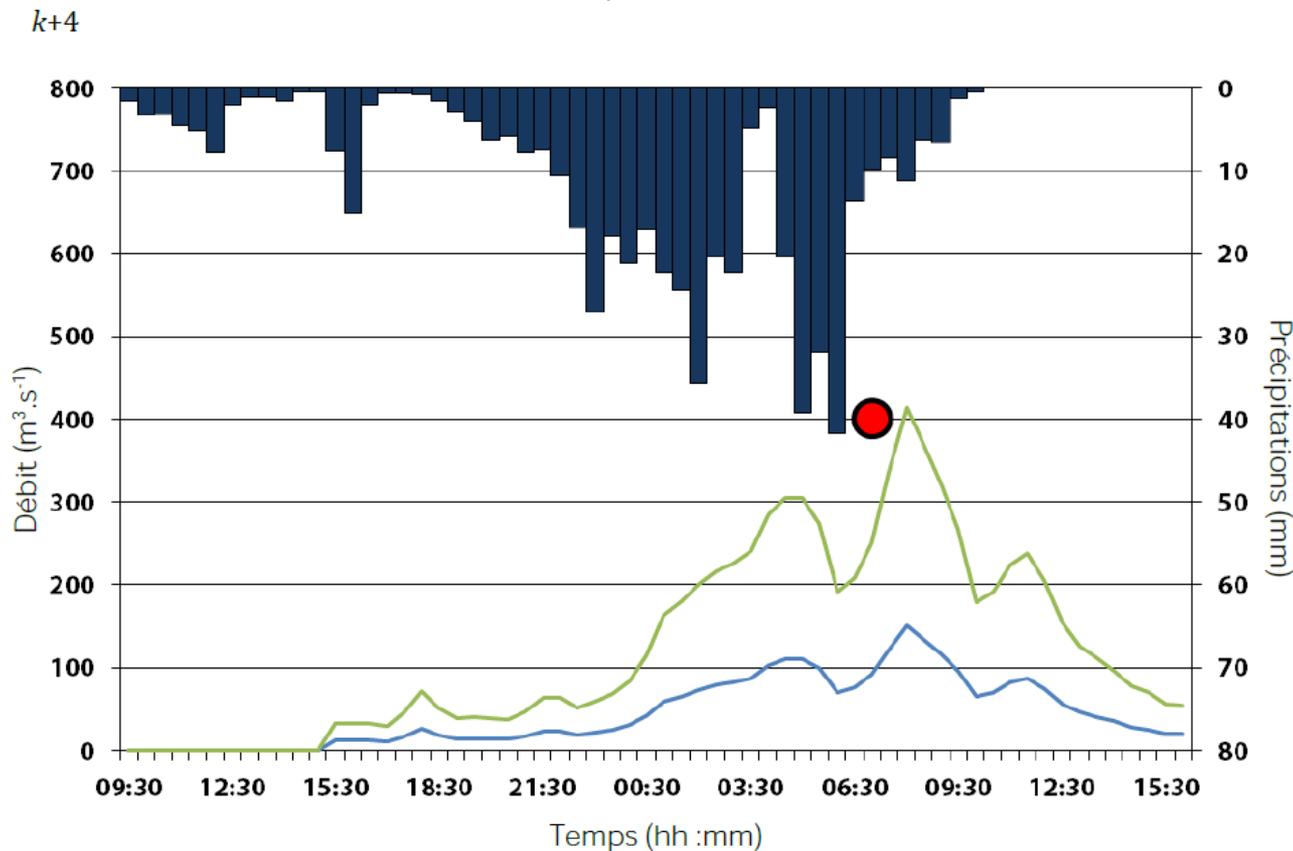
Financement SCHAPI

## ■ Régionalisation



# Thèse de Guillaume Artigue

Financement SCHAPI



**Prévision des débits de l'Avène, en l'absence de prévision de pluies, 2 h à l'avance (bleu : modèle normalisé ; vert : modèle dénormalisé)  
Évènement de septembre 2002**



*Le pont d'Arc, crue de 1890*