



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom



# Applications pour la prévision des crues pour une facilitation de la gestion de crise : Exercice de gestion de crise du 18/02/2022



Salma SADKOU, Guillaume ARTIGUE, Pierre-Alain AYRAL,  
Philippe BOUILLET, Noémie FRÉALLE, Anne JOHANNET,  
Séverin PISTRE et Sophie SAUVAGNARGUES

# SOMMAIRE

Introduction

Matériel et  
méthodes

Résultats

Analyse

Conclusion



### Crues éclair en Méditerranée



Le Gardon d'Anduze à Anduze en crue 21/09/2020 (Artigue, 2020)

### Enjeux

<i>10 décès et 0,50 milliard d'euros de dégâts</i>	<b>1988, Nîmes</b>
<b>1999, Aude</b>	<i>36 décès et 0,53 milliard d'euros de dégâts</i>
<i>24 décès et 1,20 milliard d'euros de dégâts</i>	<b>2002, Gard</b>
<b>2010, Var</b>	<i>24 décès et 0,70 milliard d'euros de dégâts</i>
<i>2 décès, 53 communes reconnues en état de catastrophe naturelle</i>	<b>2020, Gard</b>
<b>2020, Alpes-Maritimes</b>	<i>8 décès, 11 disparitions et 0,97 milliard d'euros de dégâts</i>

### Constat opérationnel, sur le terrain :

- ▶ Résultats de modélisation prédictive sous forme de courbe (hauteur d'eau ou débit)
- ➔ pas, peu ou mal utilisés mais peuvent guider et informer
- ▶ Pas adaptés contexte gestion de crise (GDC) : franchissement de seuil d'alerte, niveau d'aléa

Comment permettre aux gestionnaires d'utiliser ces résultats pour améliorer la gestion de crise ?

### Problématique :

Établir une transformation des prévisions hydrologiques par réseaux de neurones qui les rendraient exploitables dans un contexte de gestion de crise

### Originalité :

La gestion de crise et la prévision de crue sont traitées simultanément

Objectifs : focus sur l'exercice de gestion crise du 18/02/2022

- ❖ Définir la variable de sortie la plus pertinente à prévoir
  - Variable quantitative hydrologique: hauteur ou débit
  - Variable qualitative : niveau d'aléa, niveau de vigilance, franchissement de seuil d'alerte
  - Une combinaison des deux
  
- ❖ Concevoir un outil adapté aux processus actuels de GDC (mêmes critères)
  - Définir les besoins des gestionnaires, le format approprié et les informations à inclure dans les bulletins de prévisions

- Gardon d'Alès
- Grabieux : affluent du Gardon d'Alès, bassin versant non-jaugé

Carte de synthèse (tous scénarios confondus) du débordement du Gardon d'Alès sur le secteur 5 du TRI (Territoire à Risque Important d'inondation)  
<https://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/cartographie-des-risques-dinondations-du-tri-daies>

## Territoire à Risque Important d'inondation d'Alès

### CARTE DE SYNTHESE

Débordement des cours d'eau



Avertissement : Carte partielle ne tenant pas compte de tous les cours d'eau, ni de tous les phénomènes de concomitance des crues.

■ Lit majeur et zone en eau permanente

#### Probabilité de crue

- Crue de faible probabilité
- Crue de moyenne probabilité
- Crue de forte probabilité

#### Protection

— Ouvrage de protection

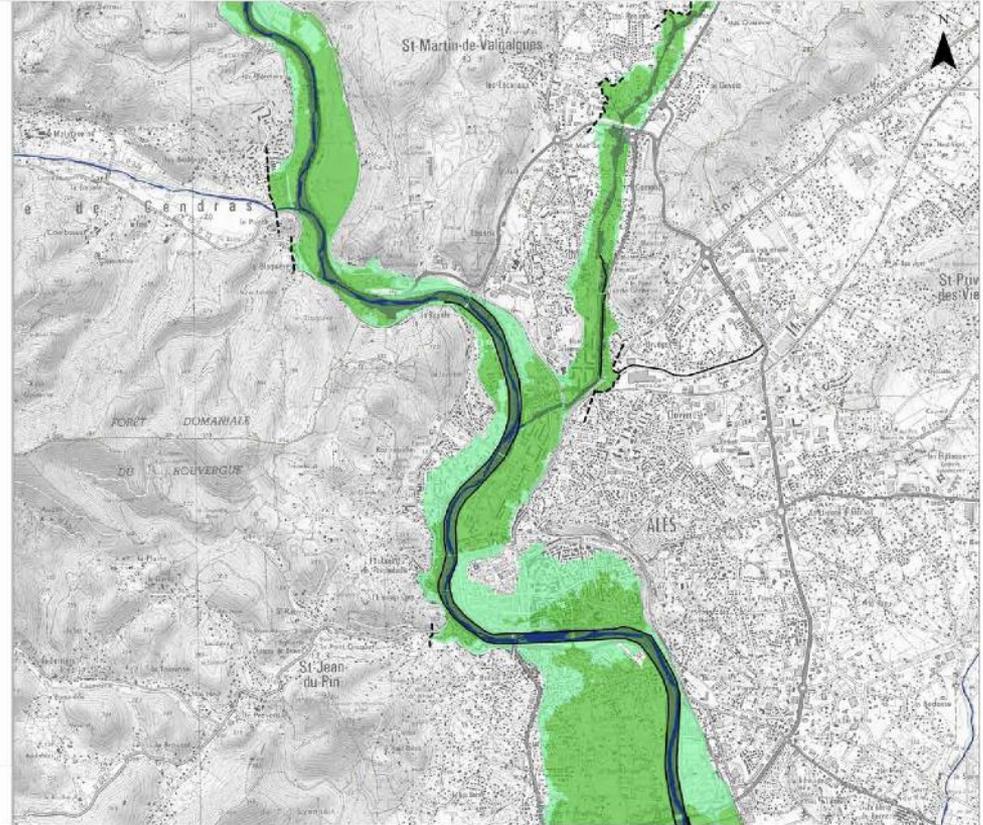
#### Découpage administratif

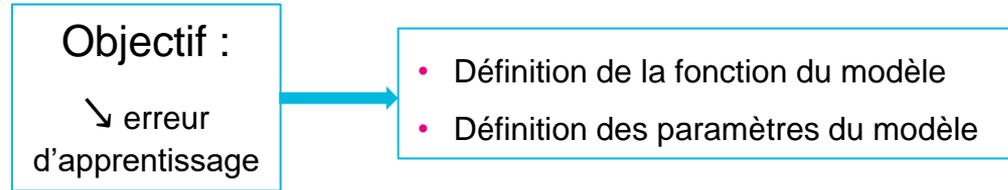
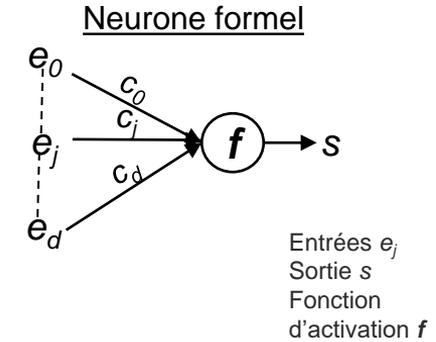
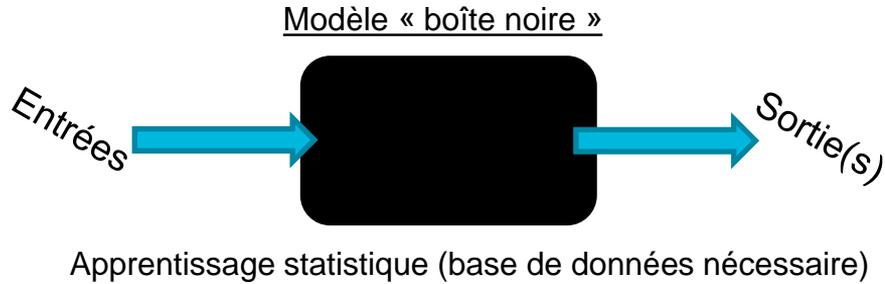
- Limite de TRI
- Limite de commune

--- Limite de représentation d'un affluent tronqué pour le scénario moyen compte tenu de l'absence de connaissance aux scénarios fréquents et extrêmes

Copyright IGN © (Scan25, BD Topo)  
Année de production : 2013  
Projet de loi n° 121 du 8 janvier 2012

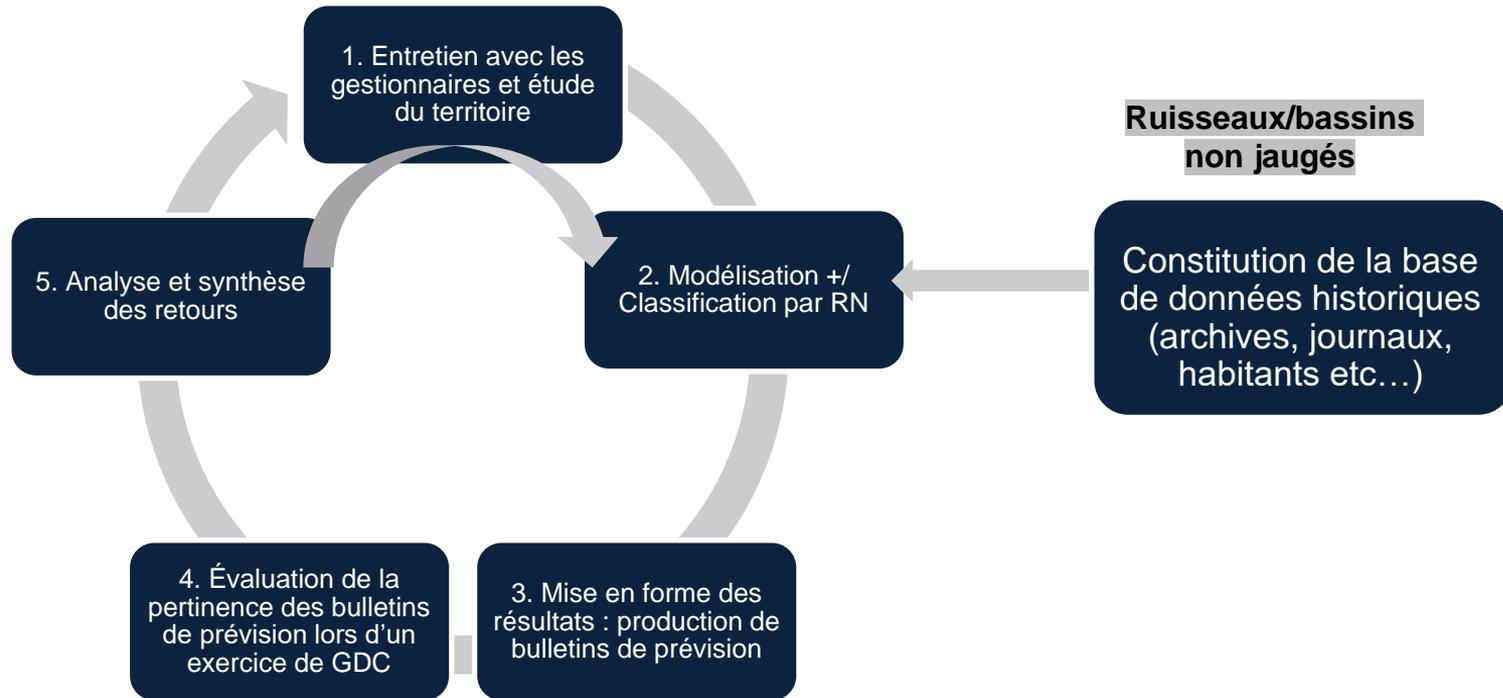
0 1 km





Intérêt des réseaux de neurones :

- Performants pour les systèmes non-linéaires
- Adaptés à la complexité d'un système hydrologique (modèle à base physique : beaucoup d'informations et paramètres à inclure, manque de connaissance)



## Exercice du 18/02/2022 – ville d'Alès : scénario et organisation



Salle d'animation – simulateur de crise IMT Mines Alès (Fréalles, 2022)

- Réalisé avec des étudiants M2 en option risque
- Scénario : crue éclair touchant la ville d'Alès
- Période : le 09/11/21, 9h00 à 21h00, sans Covid



Salle de jeu – simulateur de crise IMT Mines Alès (Fréalles, 2022)

- Temps accéléré par 6 (20 min = 2 heures)
- Flux habituels + transmission de prévision aux joueurs toutes les 2 heures

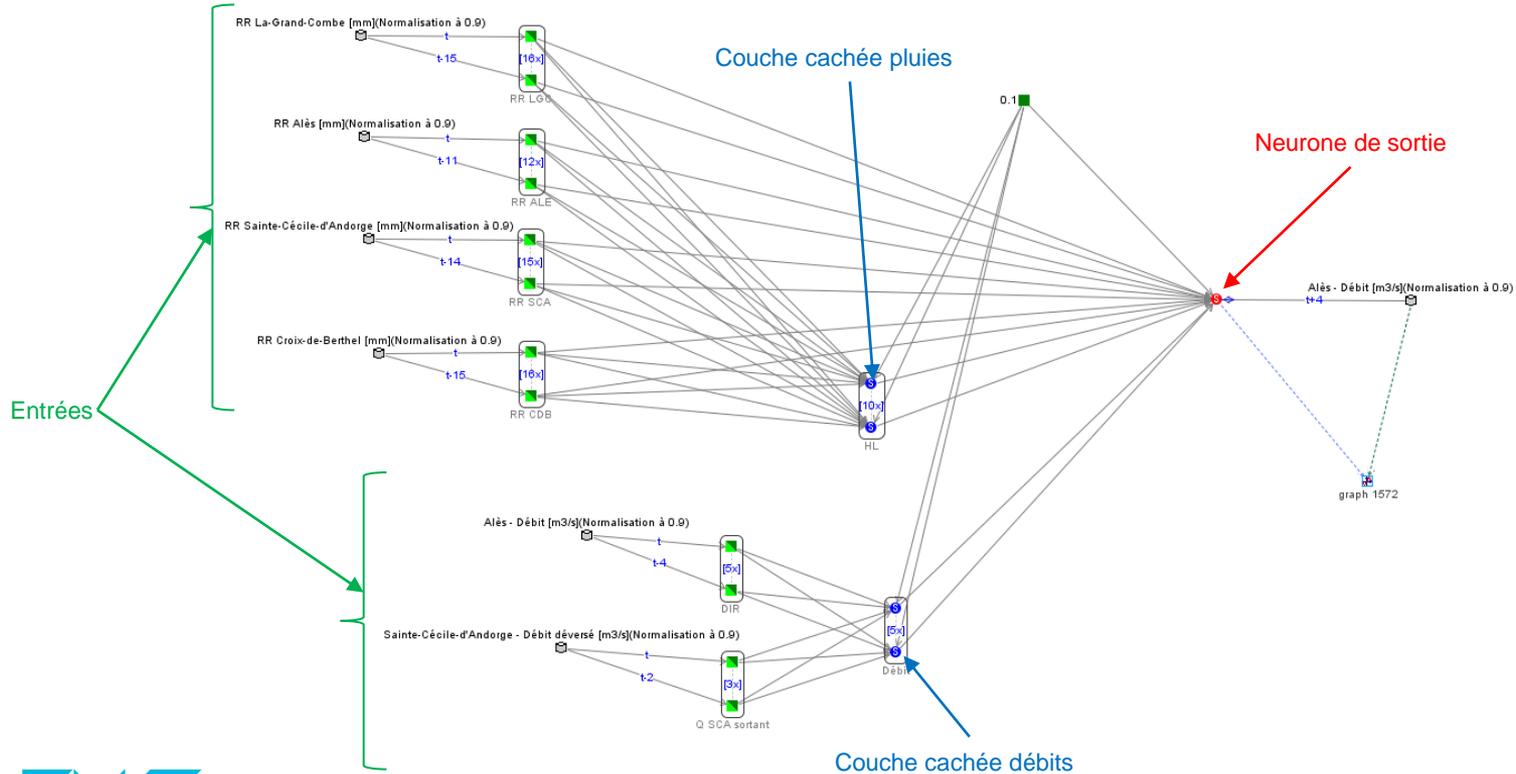
- ❖ Durée d'anticipation requise variable (vulnérabilité, enjeux et besoins logistiques)

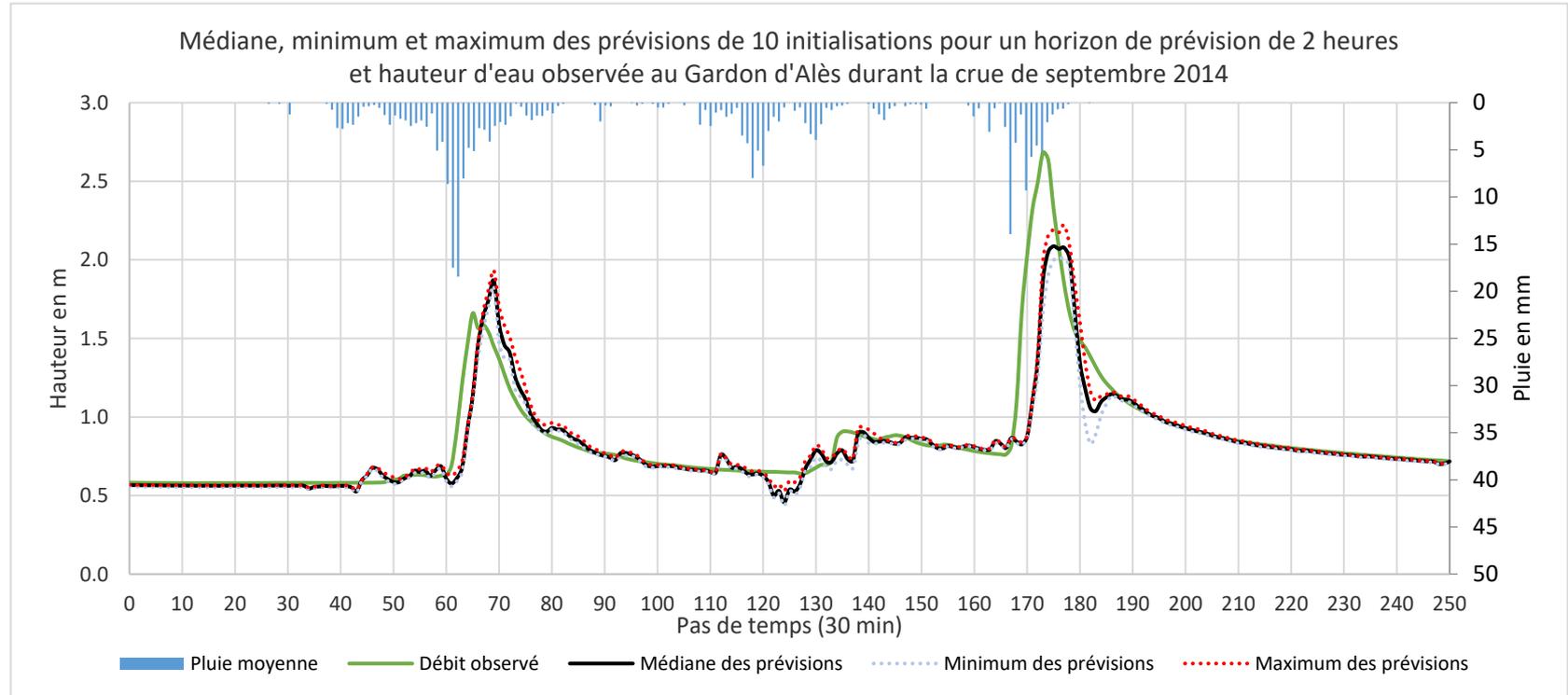
Exemple : Parking inondable (12-15h) vs. Évacuation de quartier (2-3h)

- ❖ Principe de précaution (enjeux, incertitudes)
- ❖ Besoin d'allonger l'horizon de prévision
- ❖ Sources d'information multiples :

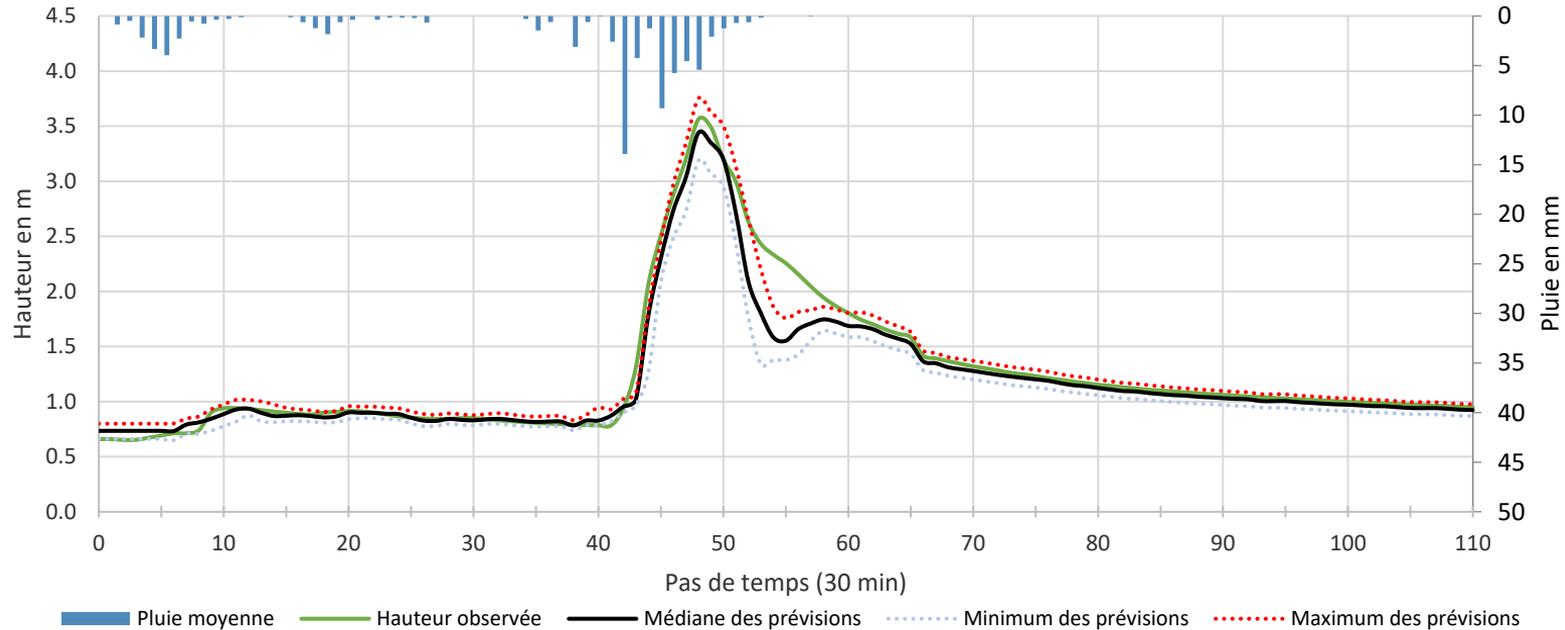
- Predict services (information qualitative)
- Echelles de crue (Grabieux & Bruèges)
- Vigicrues & Vigicrues Flash (Grabieux) + caméras du centre de supervision urbain (CSU)
- Technicien hydraulicien mobile (se déplace dans la ville)
- Citoyens (numéro vert)

## 2. Modélisation +/- Classification par RN

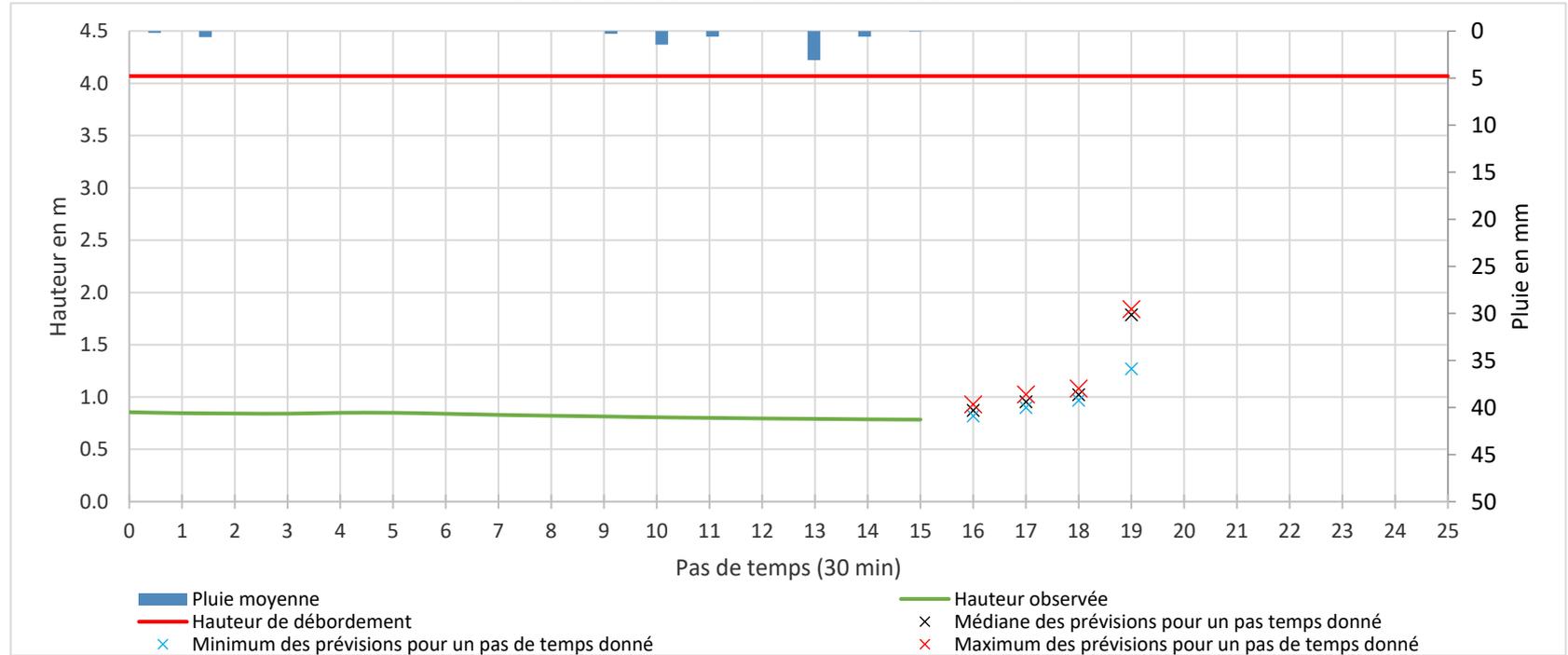




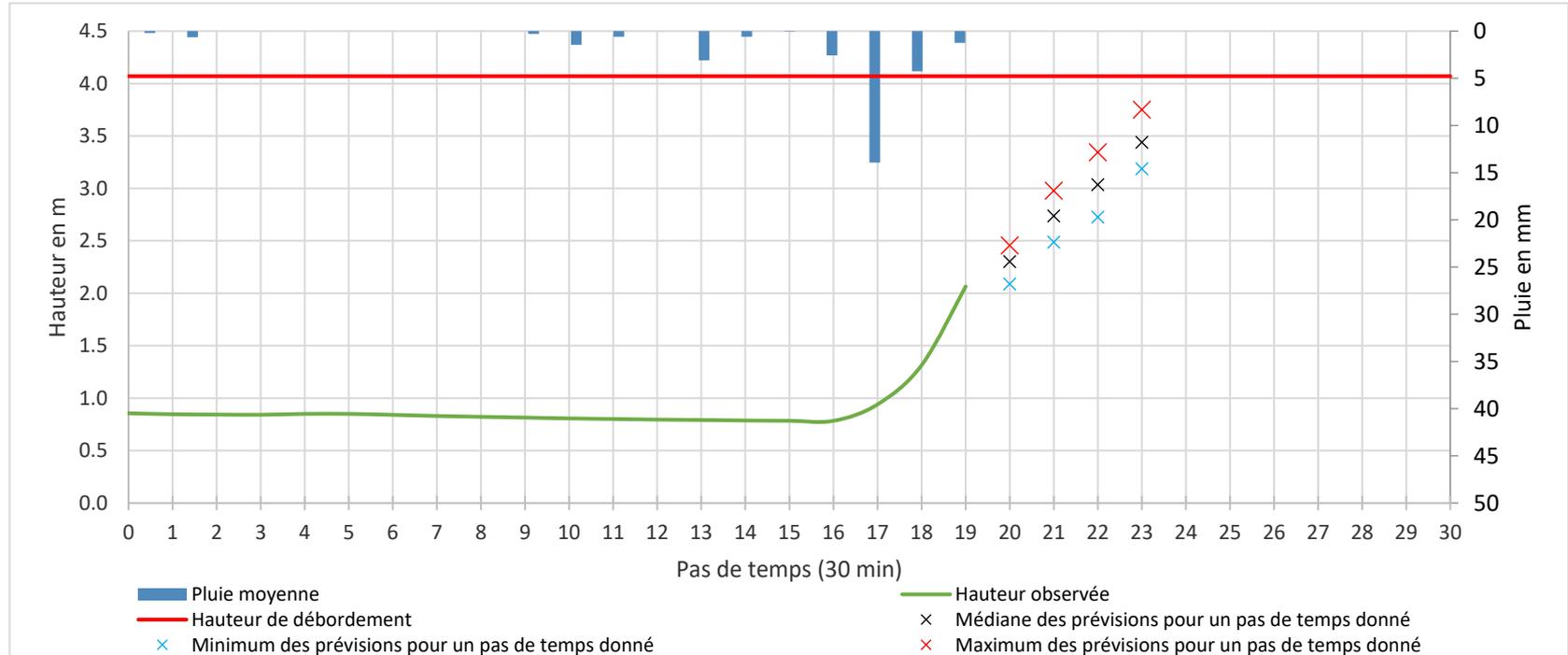
Médiane, minimum et maximum des prévisions fictives de 10 initialisations pour un horizon de prévision de 2 heures et hauteur d'eau observée au Gardon d'Alès (scénario inspiré des évènements de septembre 2014)



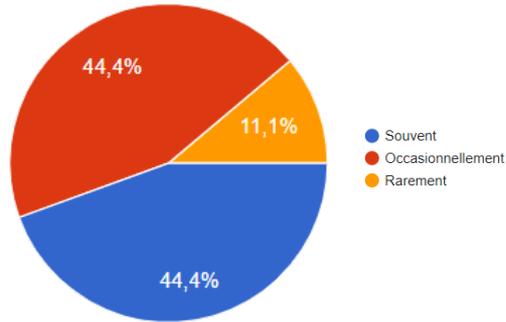
### Prévisions à 50 min du début du scénario



### Prévisions à 1h10min du début du scénario



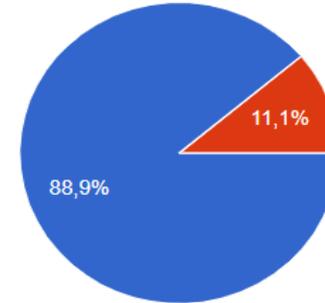
### Cadence de consultation des bulletins de prévision



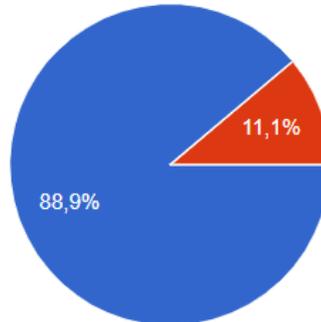
### Utiles



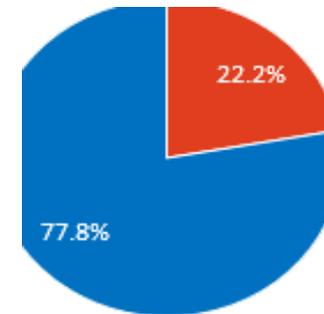
### Faciles à comprendre



### Horizon de prévision suffisant



### Incertitudes faciles à interpréter



## Synthèse sur la perception des bulletins de prévisions

Suite aux débriefing et questions ouvertes :

- ❖ Support
  - Utiliser l'heure précise. Pas de temps déroutants du fait de l'accélération du temps (\*6) pour le scénario
- ❖ Quantité d'information
  - La pluie passée importe peu. La pluie future est recherchée.
- ❖ Incertitudes
  - Perception variable. Accompagnement nécessaire.
- ❖ Accompagnement
  - Champs de compétence pas suffisamment clair (pluie future, Grabieux et Bruèges, barrage) → Bulletin ne répond pas à tous les besoins

- ▶ Illustrer la difficulté de communication entre l'expert météo-hydrologue et la cellule de gestion de crise - stratégie d'accompagnement à revoir
  - ▶ Intérêt de la modélisation par réseaux de neurones en l'absence de modèles physiques (dépassement de seuil, hauteur d'eau)
  - ▶ Définir les points les plus problématiques et les corriger (pluies futures, accélération du temps)
  - ▶ Utilité des prévisions avérée même en l'absence de débordement
- Optimisation des bulletins de prévision en amont de l'exercice avec les gestionnaires



**IMT Mines Alès**  
École Mines-Télécom

**MERCI POUR VOTRE  
ATTENTION !**

- Passer en temps réel en faisant jouer plusieurs séquences de l'évènement
- Associer les plans d'intervention gradués aux bulletins de prévision
- Inclure le Grabieux et le Bruèges (BVs non jaugés) en utilisant la classification
- Tenter des prévision de pluie future
- Crash test avant de présenter les bulletins de prévision finaux

t + 12min

Que faire?  
Qu'est-ce que vous nous conseillez ?

Hauteur stable pour les 2 prochaines heures.  
Evolution possible au-delà.

t + 1h18min

Risque-t-on de déborder ?

Pas dans les 2 heures qui viennent.  
Possible au-delà si pluie persiste.

Quelle est la situation au niveau du barrage ?

Ce n'est pas dans le champs de nos compétences.

Est-ce que la pluie va continuer ?

On ne le sait pas.

Sujet	Réponse
Adéquation du support	Convenable (9/9) sauf échelle du temps (2/9)
Utilité des prévisions dans l'aide à la décision et manière de manifestation	Utile pour la majorité (7/9) Se situer par rapport à la dynamique de l'évènement (4/9) Suivre le risque de débordement (1/9) Mobilisation des ressources (1/9)
Convenance de la quantité d'information	Convenable (7/9) Hauteur de pluie pas nécessaire (1/9) Appels ne donnaient pas toujours plus d'informations (1/9)
Impact des incertitudes	Peu ou pas d'impact (4/9) - Pas d'avis (1/9) Prise systématique du max (1/9) - Suscite la curiosité (1/9) Décision d'évacuation et l'ouverture des centres (1/9) Hésitation à faire des propositions (1/9)
Impact d'incertitudes relativement importantes	Prise systématique du max (1/9) - Pas d'impact (2/9) - Improviser (1/9) En discuter (1/9) – Prise de dispositions conservatoires (1/9) Regarder la tendance (1/9) – Rester calme (1/9) – Déstabilisé au début (1/9)