

PICS

Prévision Immédiate Intégrée
des Impacts des Crues Soudaines



MUFFINS
Multiscale Flood Forecasting with
Innovating Solutions

22/06/2023

CTT Les inondations par
ruissellement

Olivier Payrastre
Maryse Charpentier-Noyer
Juliette Godet

Utilisation de prévisions de pluie à courte échéance, et traduction des incertitudes



Université
Gustave Eiffel

Contenu de la présentation

1 – évaluation de prévisions hydrologiques distribuées: arc méditerranéen - 1 km² - 0-6h



Stage de master Juliette Godet (2022)

Godet et al., 2023, NHESS (soumis), <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-907>

INRAE



2 – évaluation de prévisions d'impacts en intégrant la prise de décision:

crues de l'Aude d'octobre 2018 – interventions du SDIS



Thèse de Maryse Charpentier Noyer (2019-2022)

<https://pics.ifsttar.fr/documents/memoires-de-theses>

Charpentier-Noyer et al. (2023), NHESS, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2001-2023>

INRAE



Contenu de la présentation

1 – évaluation de prévisions hydrologiques distribuées:

arc méditerranéen - 1 km² - 0-6h



Stage de master Juliette Godet (2022)

Godet et al., 2023, NHESS (soumis), <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-907>

INRAE



2 – évaluation de prévisions d'impacts en intégrant la prise de décision:

crues de l'Aude d'octobre 2018 – interventions du SDIS



Thèse de Maryse Charpentier Noyer (2019-2022)

<https://pics.ifsttar.fr/documents/memoires-de-theses>

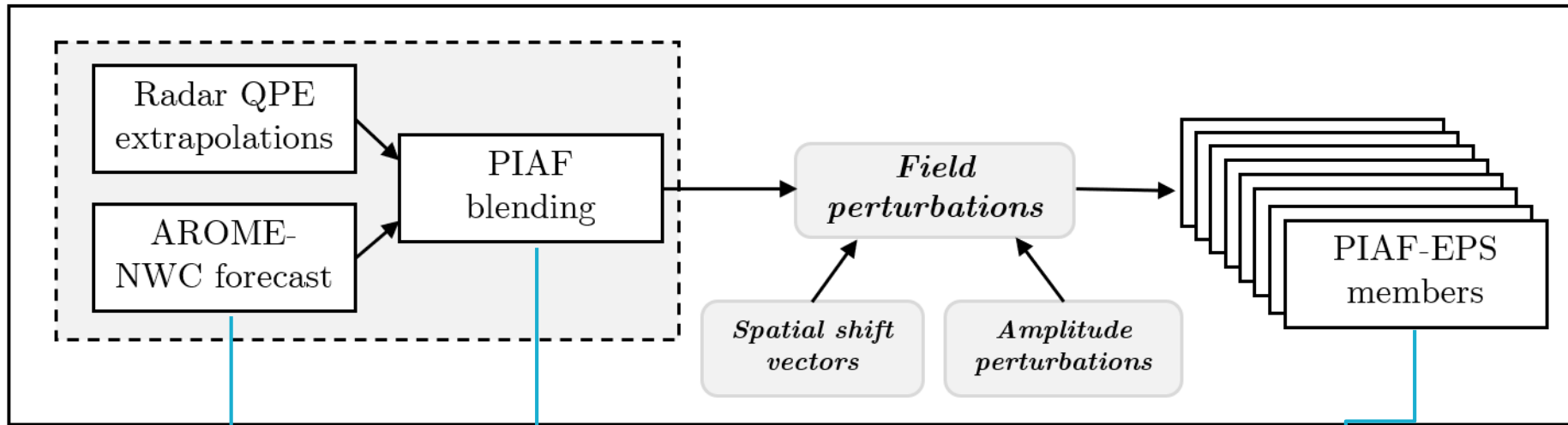
Charpentier-Noyer et al. (2023), NHESS, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2001-2023>

INRAE



Les prévisions de pluie évaluées

3 produits dédiés aux échéances courtes



Arome PI

0-6 h

1 scénario (déterministe)

PIAF

0-3 h

1 scénario (déterministe)

PIAF ensembliste

0-3 h

17 scénarios (ou membres)

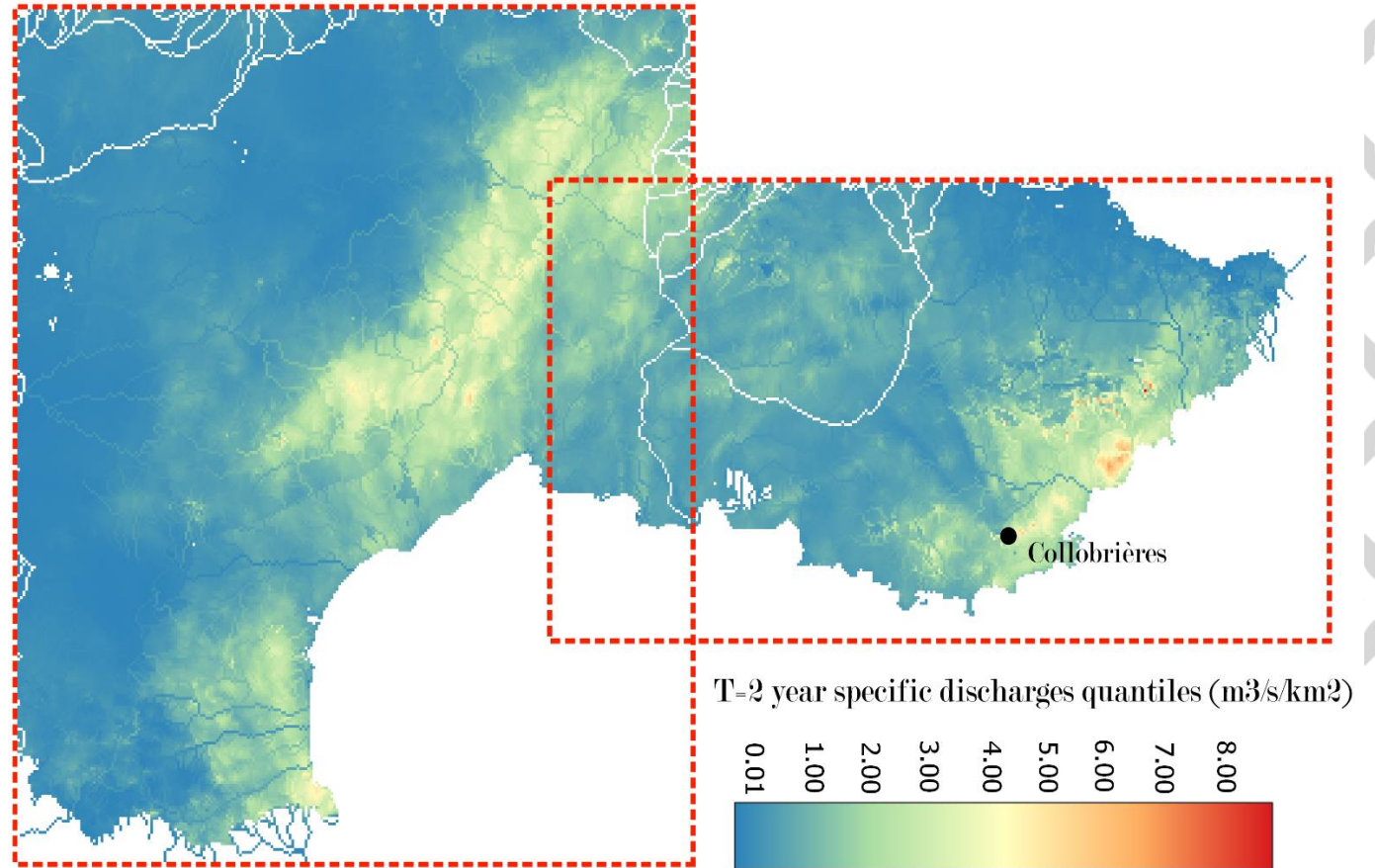
+ 1 scénario « naïf » : pluie future constante

Approche d'évaluation

Utilisation du modèle hydrologique SMASH (INRAE)

- Pas de temps 15 min
- Résolution 1 km²
- Version lag 0 (analogue Vigicrue6Flash)

Evaluation de l'anticipation du débit T = 2, 5 ou 10 ans

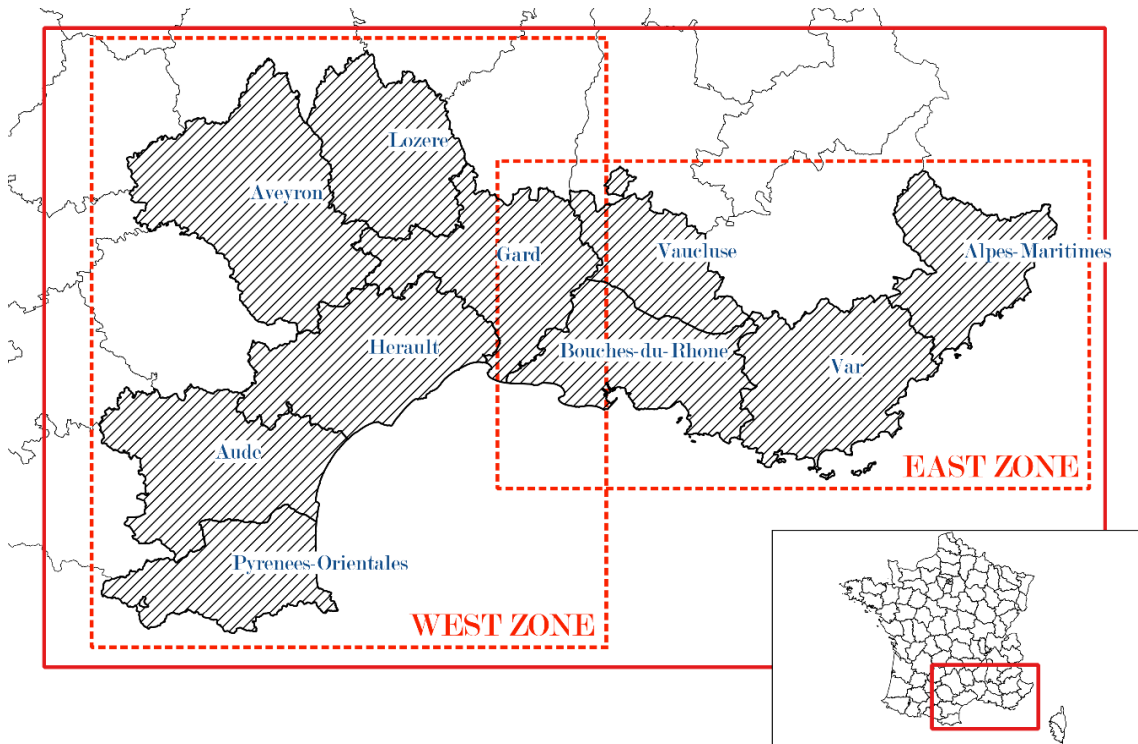


T = 2years specific discharge quantiles estimated on the study area based on a 15-year SMASH simulation

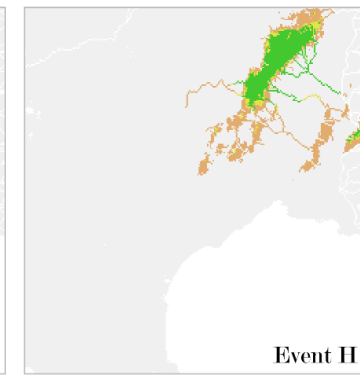
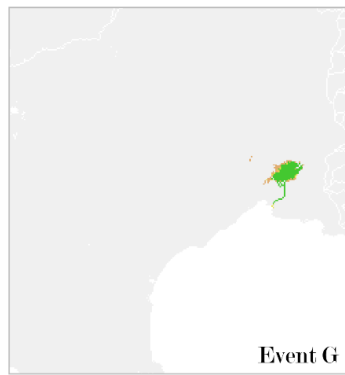
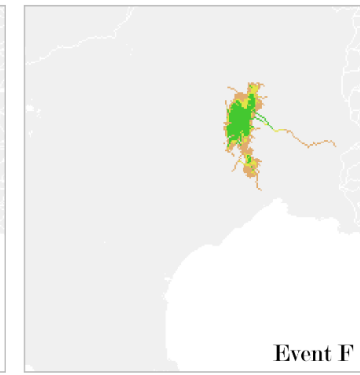
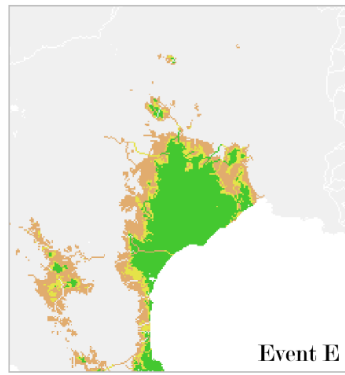
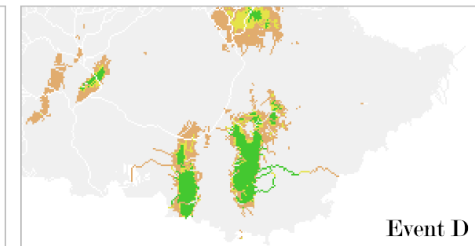
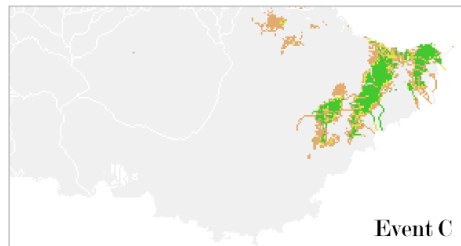
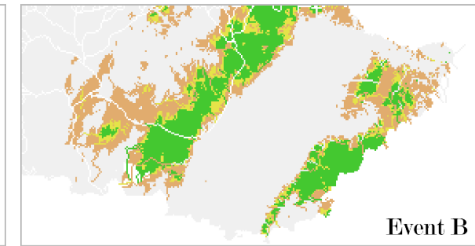
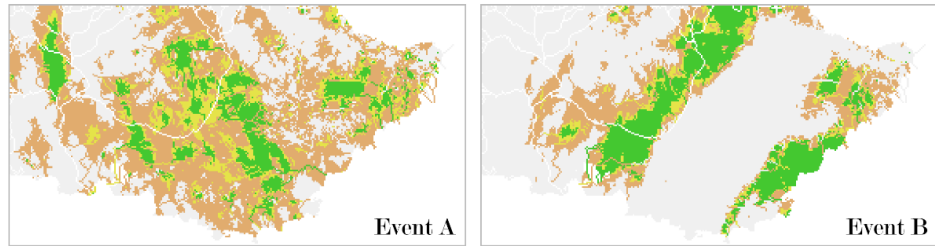
Etudes de cas

8 événements sur 2019-2021:

- 300 à 600 mm de pluie
- 19 décès



Zones à détecter avec anticipation
(dépassement du débit T=2, 5 ou 10 ans):



Discharge
quantile
exceeded by the
PANTHERE
simulation

- 2 years
discharge
quantile
- 5 years
discharge
quantile
- 10 years
discharge
quantile

Mesure de performance

1- Comparaison pour chaque pixel (1km²)

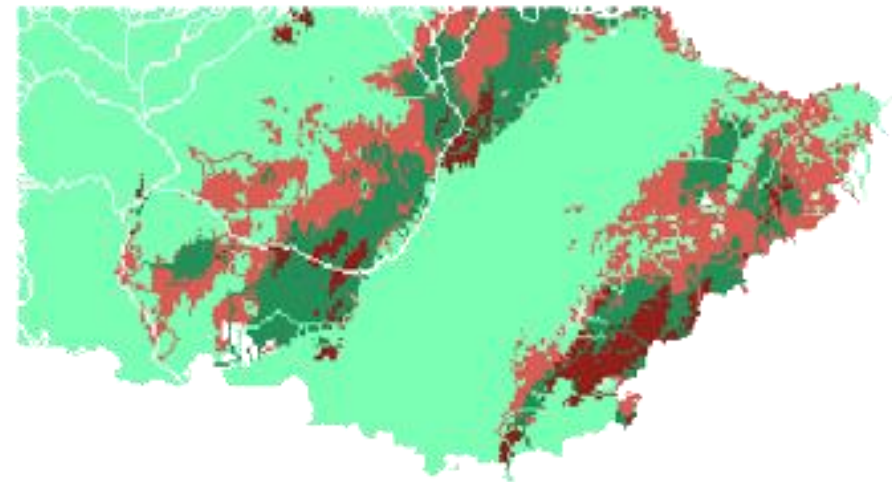
Q_{obs} débit simulé avec pluie observée

$Q_{prév}$ débit prévu avec les prévisions de pluie

Table de contingence

	$Q_{prév} \geq Q_T$	$Q_{prév} < Q_T$
$Q_{obs} \geq Q_T$	Succès (S)	Non Détection (ND)
$Q_{obs} < Q_T$	Fausse Alarme (FA)	Rejet Correct (RC)

2- Représentation cartographique

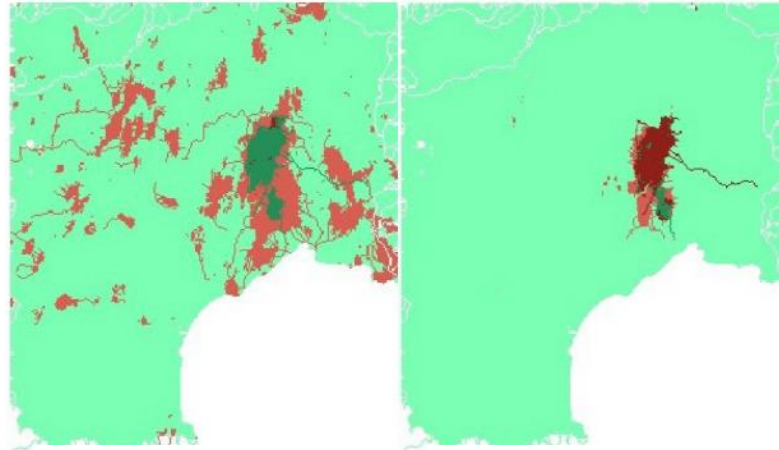


3- Calcul d'un score synthétique

$$CSI = \frac{S}{S+ND+FA}$$

Résultats: exemples

Des différences marquées entre produits

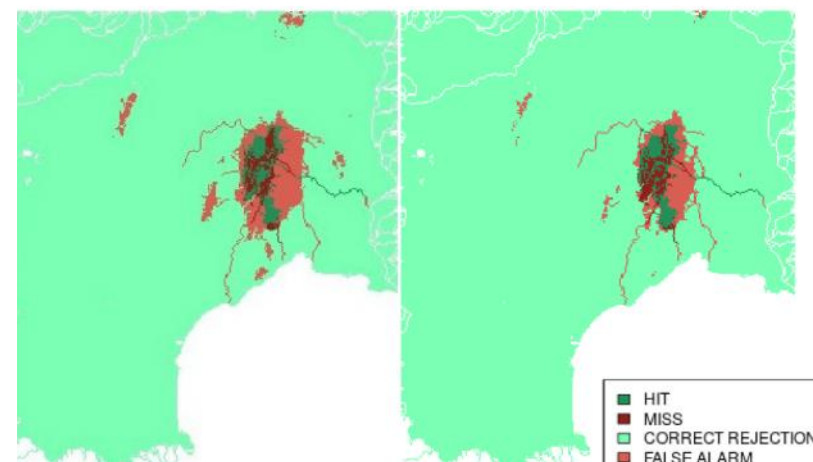


Pluie constante

CSI=0.12

Arome PI

CSI=0.13

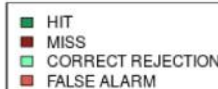


PIAF

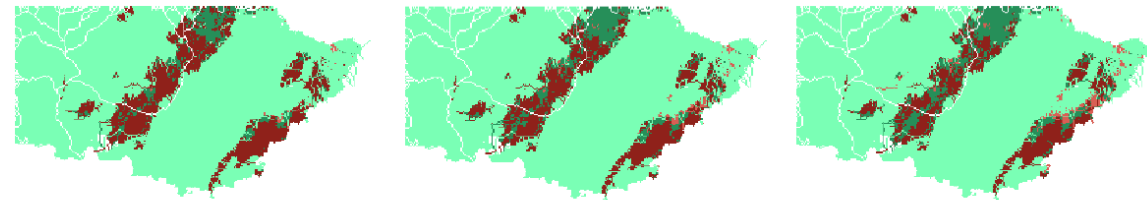
CSI=0.21

PIAF ensembliste, décile 60%

CSI=0.27



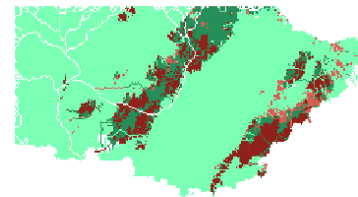
Piaf ensembliste: Résultat dépendant du scénario choisi



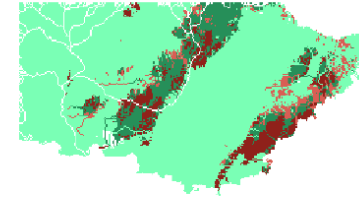
10% percentile
CSI=0.22

20% percentile
CSI=0.31

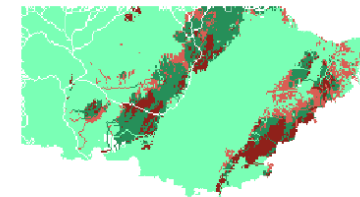
30% percentile
CSI=0.37



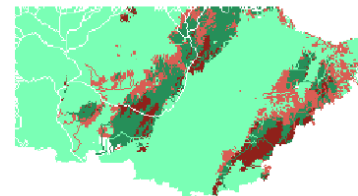
40% percentile
CSI=0.44



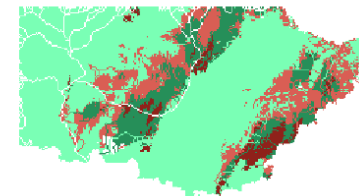
50% percentile
CSI=0.47



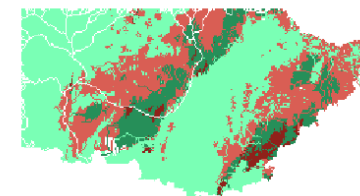
60% percentile
CSI=0.48



70% percentile
CSI=0.45

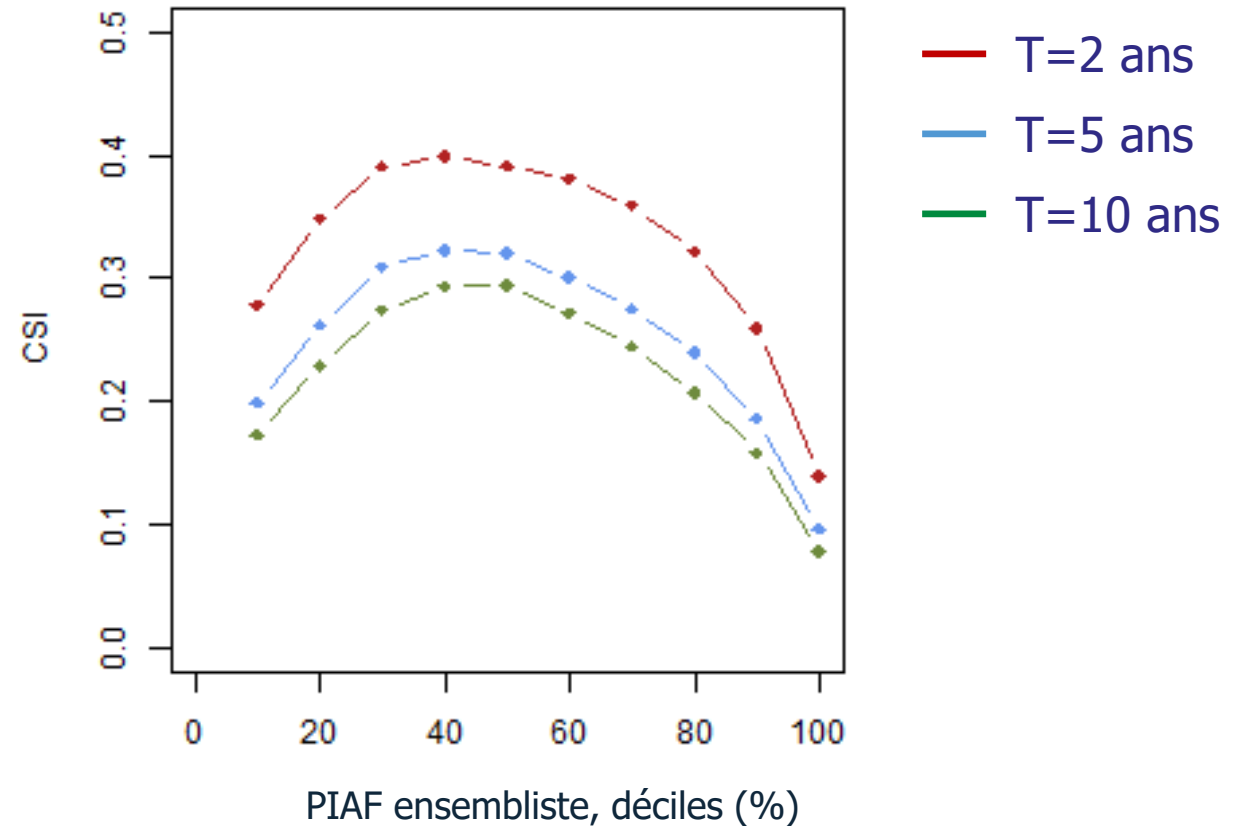
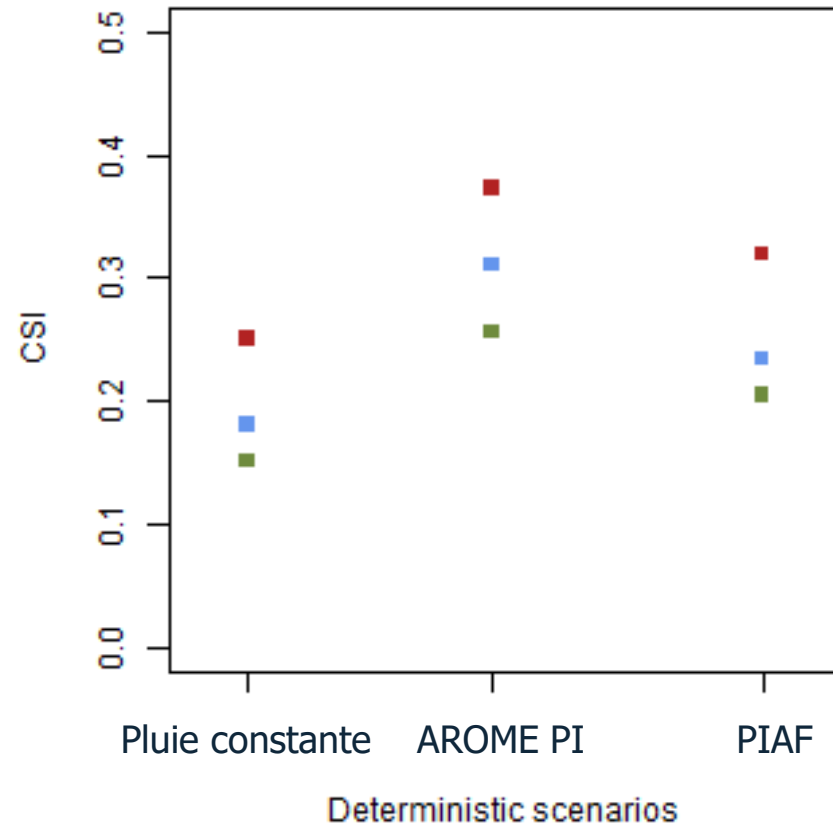


80% percentile
CSI=0.39



90% percentile
CSI=0.30

Résultats: synthèse



Piaf ensembliste donne des résultats (pour les déciles 40-60%) :

- Systématiquement meilleurs que PIAF
- Au moins équivalents à Arome PI

Contenu de la présentation

1 – évaluation de prévisions hydrologiques distribuées: arc méditerranéen - 1 km² - 0-6h



Stage de master Juliette Godet (2022)

Godet et al., 2023, NHESS (soumis), <https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-907>

INRAE



2 – évaluation de prévisions d'impacts en intégrant la prise de décision:

crues de l'Aude d'octobre 2018 – interventions du SDIS



Thèse de Maryse Charpentier Noyer (2019-2022)

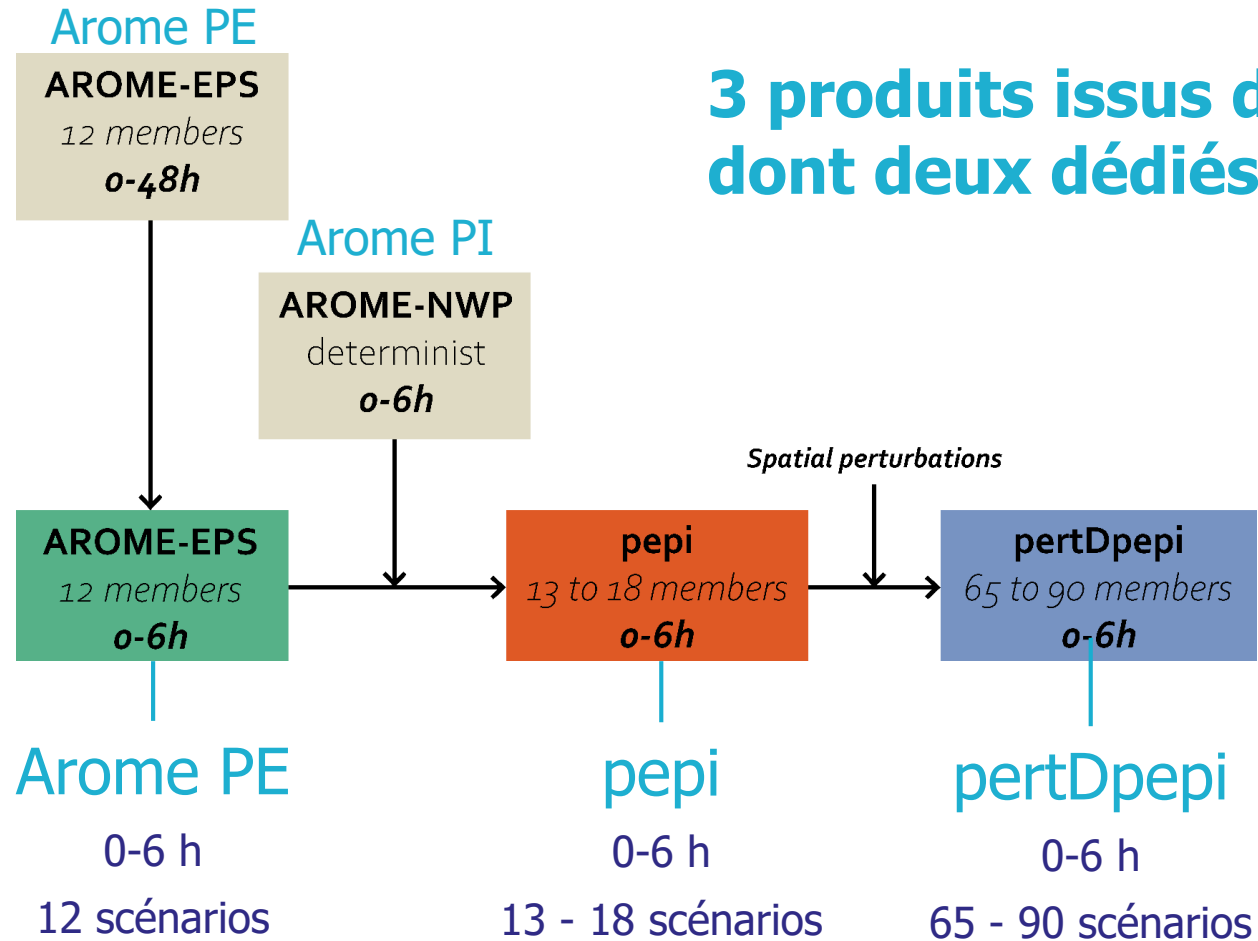
<https://pics.ifsttar.fr/documents/memoires-de-theses>

Charpentier-Noyer et al. (2023), NHESS, <https://doi.org/10.5194/nhess-23-2001-2023>

INRAE



Les prévisions de pluie évaluées



3 produits issus des modèles Arome PE et PI, dont deux dédiés aux courtes échéances

+ 1 scénario « naïf » : pluie future nulle

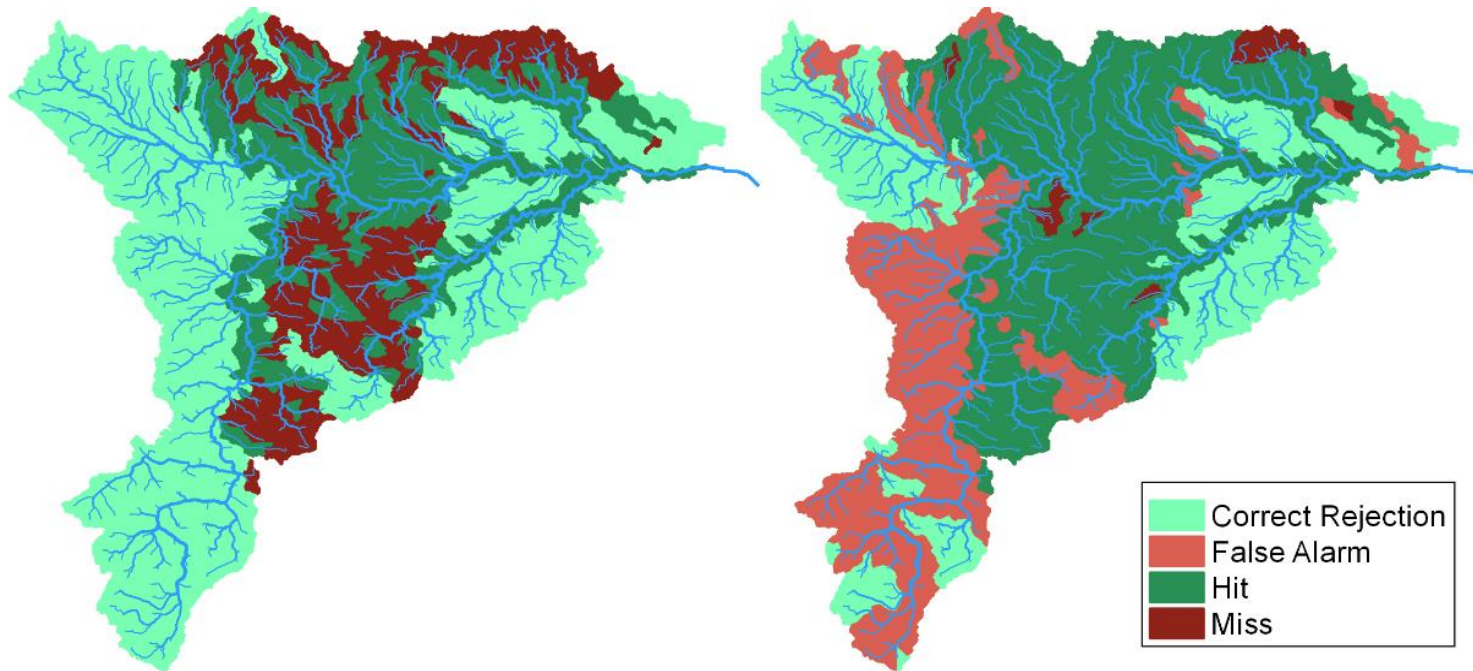
Première évaluation hydrologique

Capacité d'anticipation du seuil de débit T=10 ans

Crue d'octobre 2018 dans l'Aude – 1174 tronçons de cours d'eau

Pluie future nulle

Prévision d'ensemble – décile 75% (pepi)

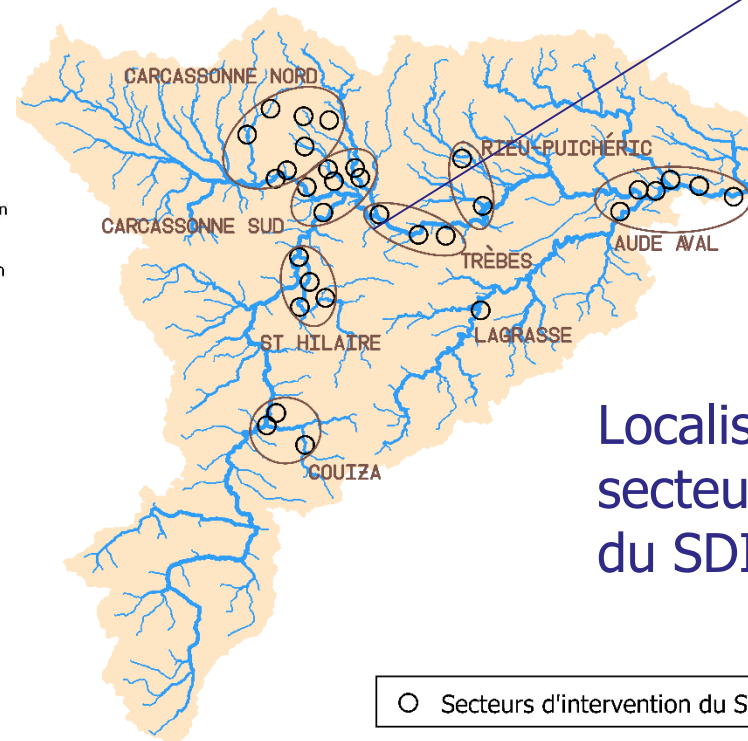
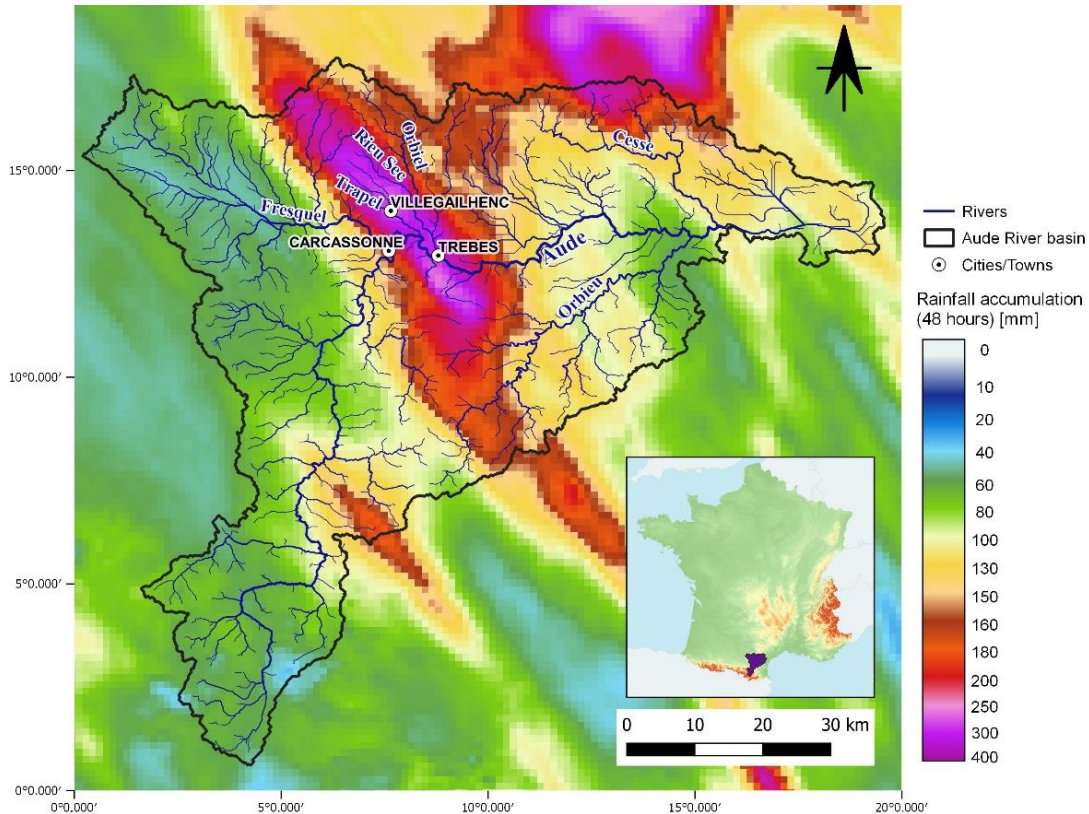


Quelle est la meilleure prévision ?

Objectif: évaluation basée sur l'efficacité des décisions

Etude de cas : crue d'octobre 2018 dans l'Aude

Décision: Interventions de secours du SDIS



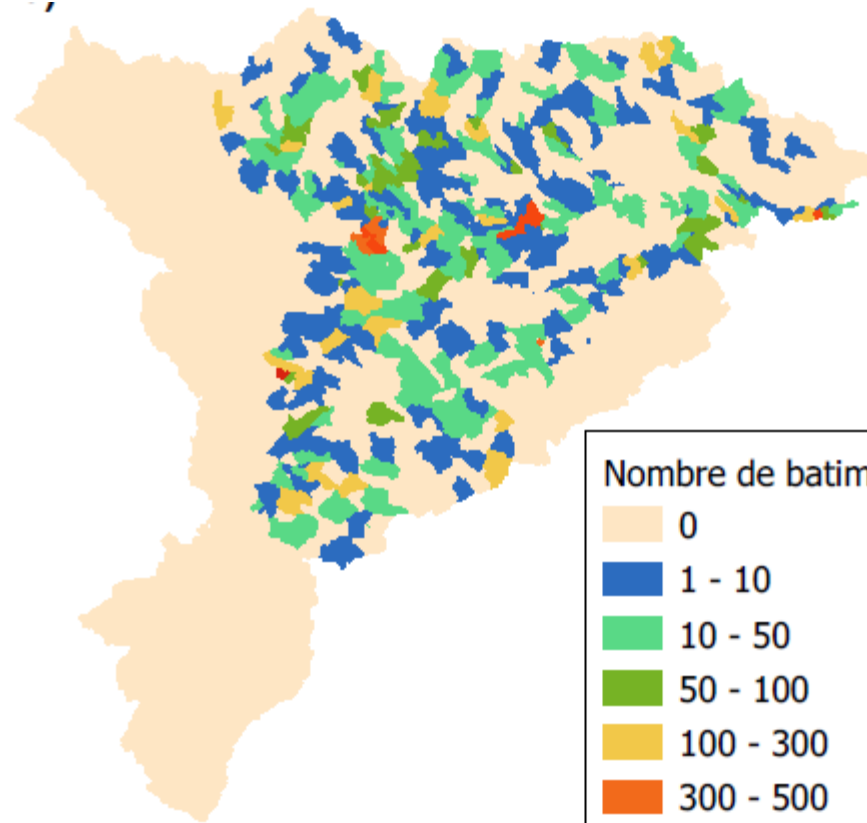
Localisation des 32 secteurs d'intervention du SDIS



Principe général: modélisation multi-agents des interventions SDIS

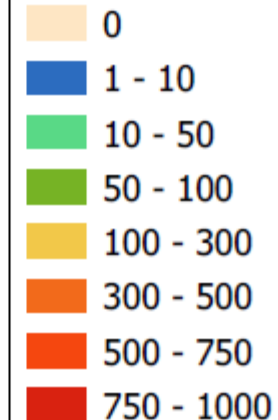
Décision d'interventions prises à partir de prévisions d'impacts

1. Prédiction du nombre de bâtiments inondés par tronçon de cours d'eau, au pas de temps 15 min
2. Un nombre seuil de bâtiments inondés déclenche l'envoi d'une équipe de secours (seuil d'intervention)



Nombre maximum de bâtiments inondés par tronçon en oct. 2018

Nombre de batiments touchés



Principe général: modélisation multi-agents des interventions SDIS

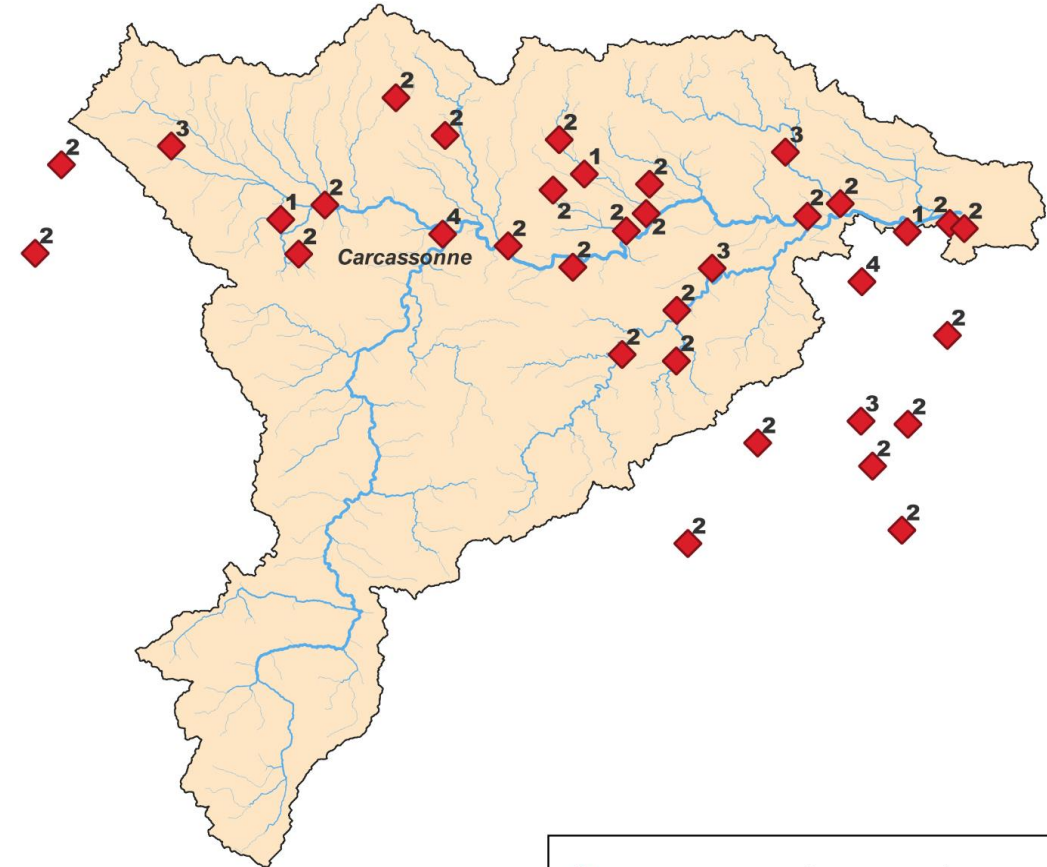
92 équipes de secours du SDIS

Décisions d'intervention selon trois critères/paramètres:

1. Nombre de bâtiments inondés supérieur au seuil d'intervention ?
2. Capacité d'intervention d'une équipe (en nb de bâtiments secourus), pour envoi éventuel de plusieurs équipes
3. Nombre d'équipes disponibles

Déplacement des équipes

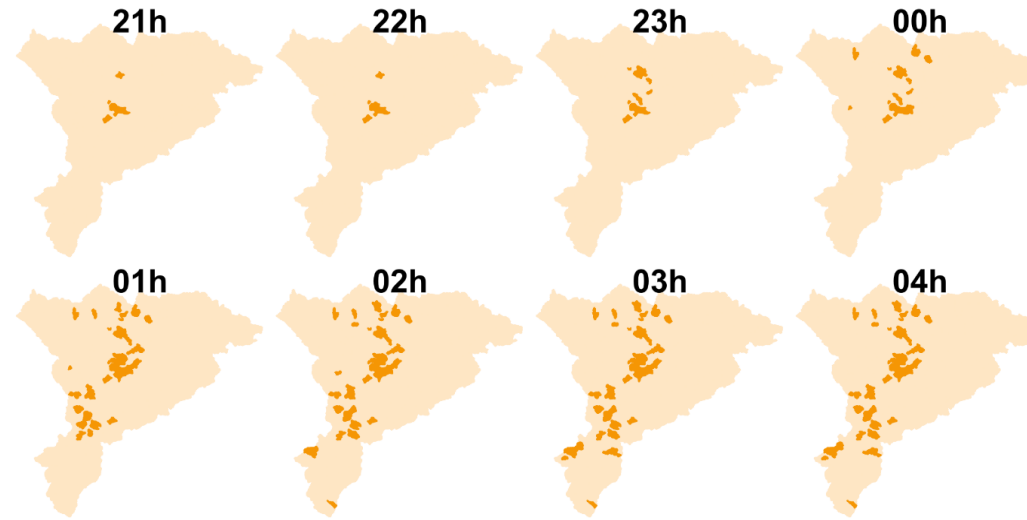
Matrice origine/destination + vitesse moyenne de 30 km/h



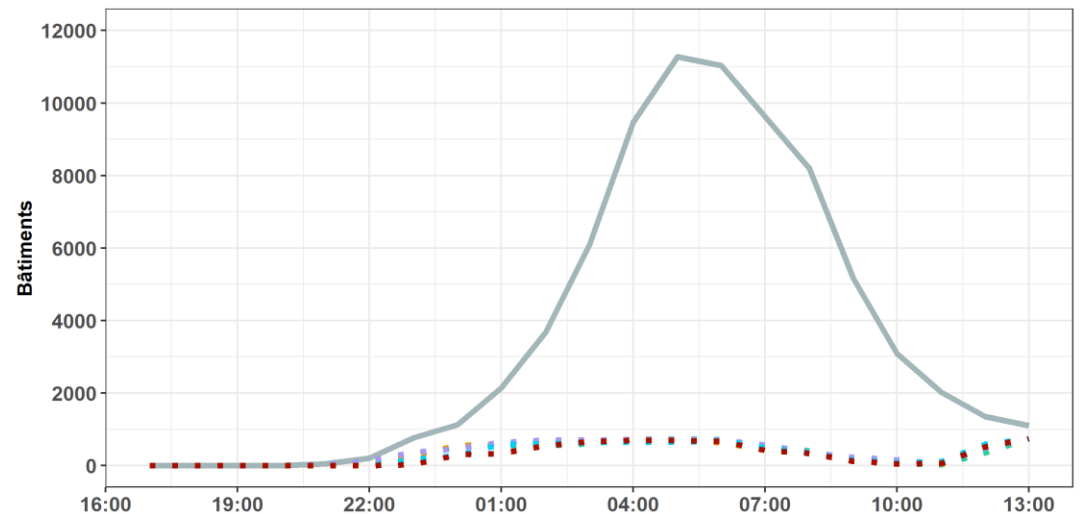
◆ Positionnement des centres de secours
(et nombre d'équipes)

Exemples de résultats de modélisation

Cartes de localisation des équipes de secours en intervention



Comparaison nombre de bâtiments inondés / secourus

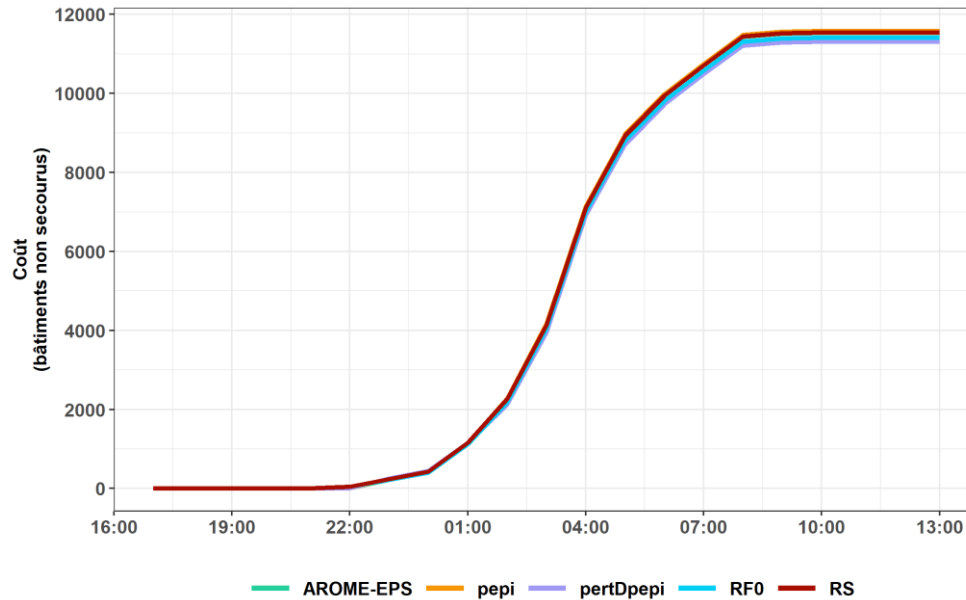


— Bâtiments inondés
— AROME-EPS : Bâtiments effectivement secourus
— pepi : Bâtiments effectivement secourus
— pertDpepi : Bâtiments effectivement secourus
— RF0 : Bâtiments effectivement secourus
— RS : Bâtiments effectivement secourus

Mesure de l'efficacité des décisions

Calcul d'une fonction «coût»:

Nombre cumulé de bâtiments pour lesquels aucune équipe de secours n'était présente lors de l'inondation.



L'heure d'arrivée des secours est prise en compte (bonus à l'anticipation):

- Si arrivée plus d'1 heure avant le début d'inondation: coût = 0 bâtiments
- Si arrivée entre 1h avant et 1h après le début d'inondation: coût = 0.5 x nb bâtiments
- Si arrivée plus d'1h après le début d'inondation: coût = nb bâtiments

Scénarios de prise de décision comparés

Décision à partir du nombre de bâtiments inondés:

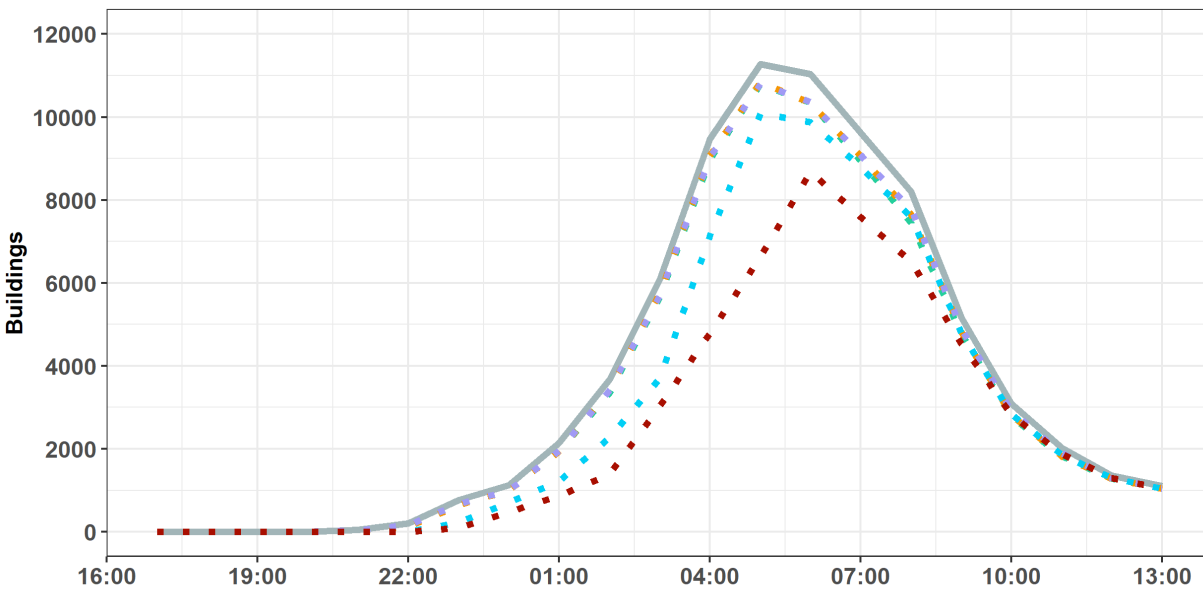
- Simulé à chaque pas de temps avec pluie observée: **RS**
(~ Remontée d'observations de terrain – pas d'anticipation)
- Prévu avec une pluie future nulle: **RF0**
- Prévu avec trois produits de prévision d'ensemble (quantile 75%):
 - **AROME-EPS**
 - **pepi**
 - **pertDpepi**

Résultats dans un cas « idéal »:

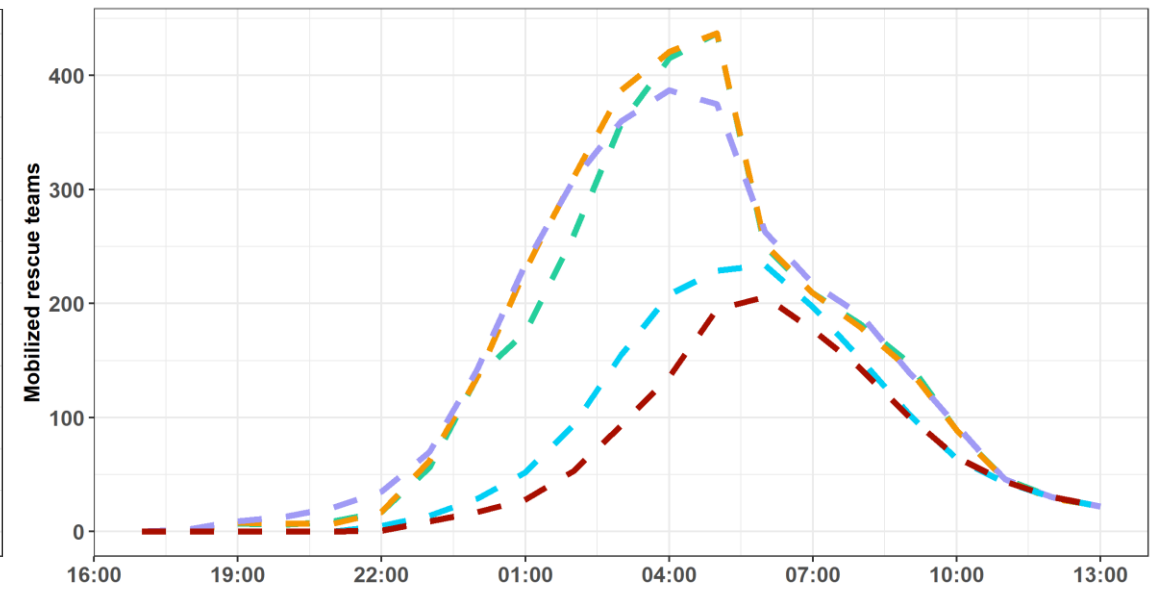
Nombre illimité d'équipes de secours:

- Seuil d'intervention: 25 bâtiments inondés
- Nombre d'équipes: illimité
- Capacité d'intervention: 100 bâtiments / éq.

Nombre de bâtiments inondés / secourus



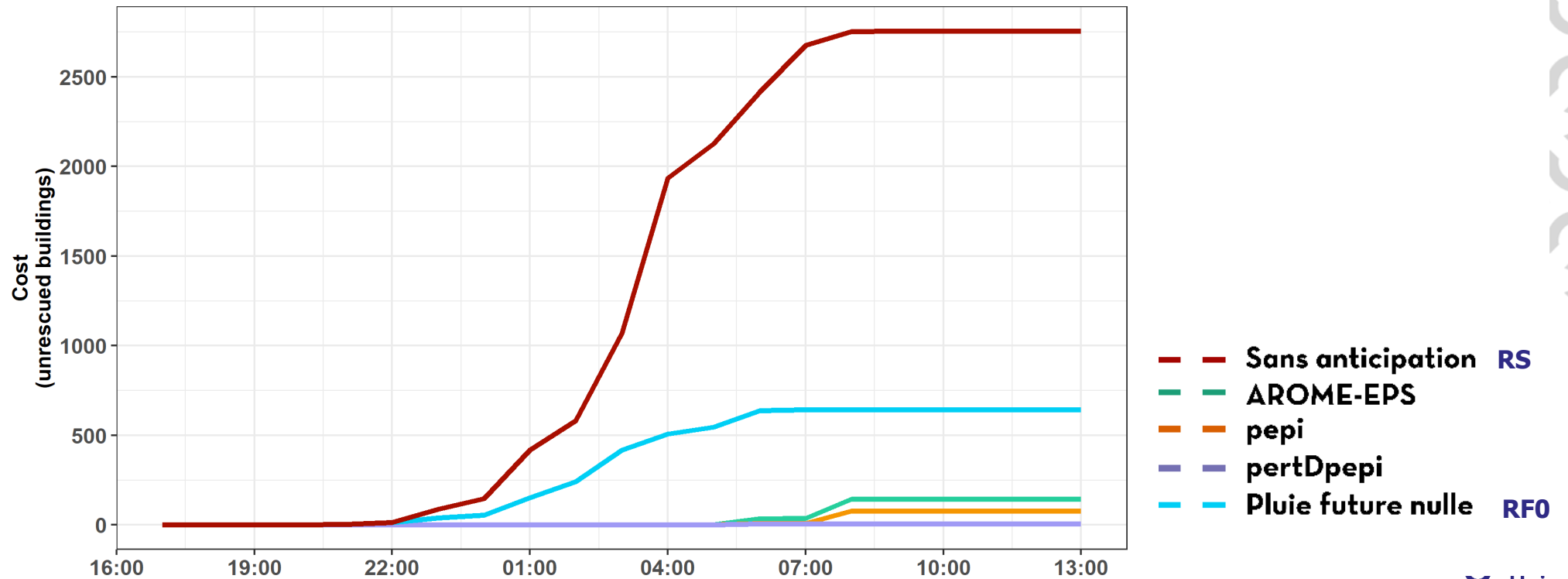
Nombre d'équipes en intervention



Résultats dans un cas « idéal »:

- Nombre illimité d'équipes de secours:**
- Seuil d'intervention: 25 bâtiments inondés
 - Nombre d'équipes: illimité
 - Capacité d'intervention: 100 bâtiments / éq.

Coûts: nombre de bâtiments sans intervention rapide des secours

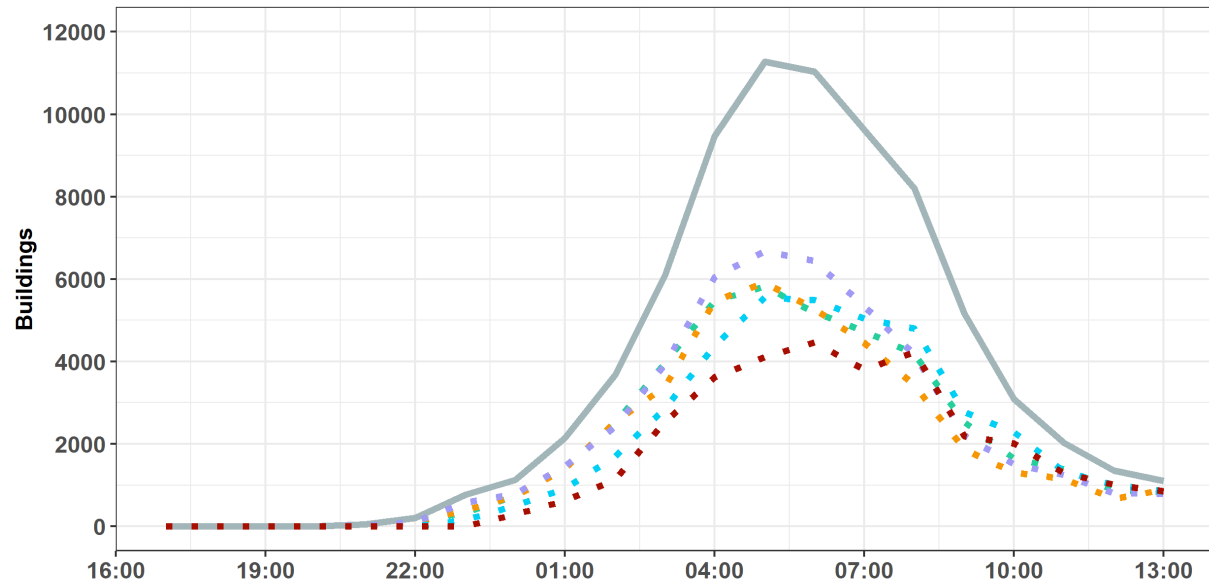


Résultats pour un cas plus réaliste:

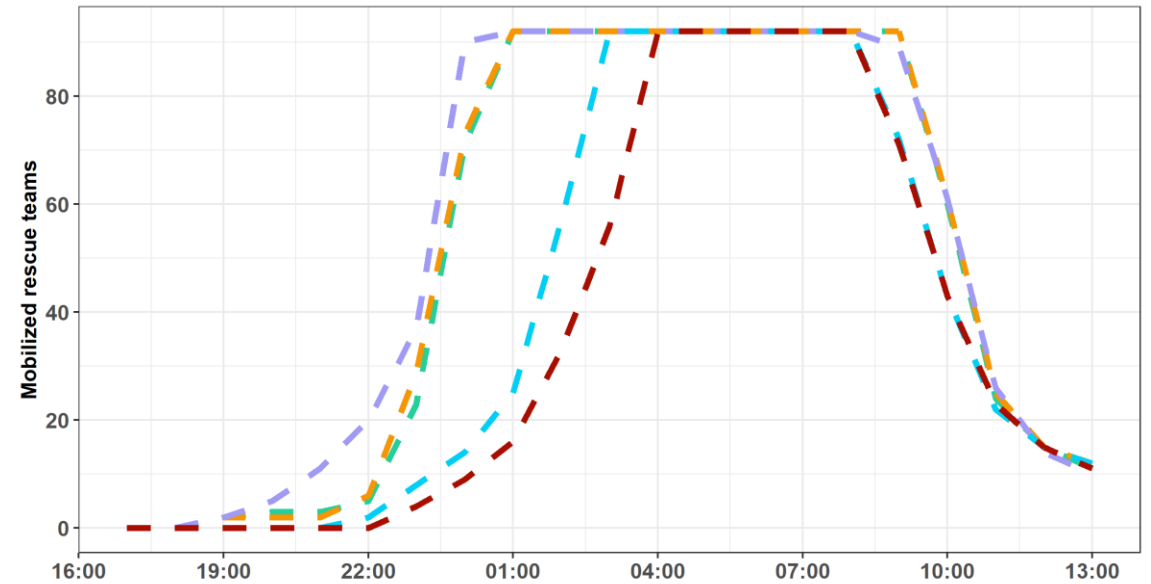
92 équipes de secours:

- Seuil d'intervention: 25 bâtiments inondés
- Nombre d'équipes: 92
- Capacité d'intervention: 100 bâtiments / équipe

Nombre de bâtiments inondés / secourus:



Nombre d'équipes en intervention:

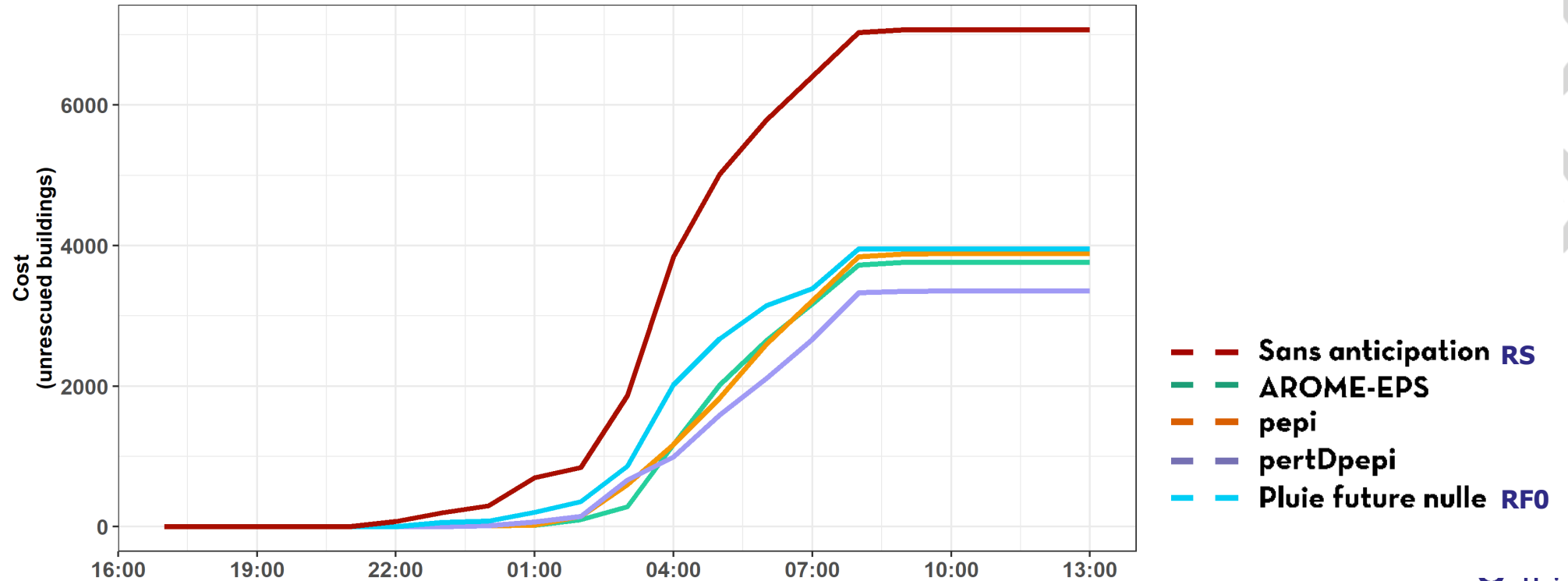


Résultats pour un cas plus réaliste:

92 équipes de secours:

- Seuil d'intervention: 25 bâtiments inondés
- Nombre d'équipes: 92
- Capacité d'intervention: 100 bâtiments / équipe

Coûts: nombre de bâtiments sans intervention rapide des secours



Conclusions / perspectives

Sur l'utilisation des prévisions de pluie :

- Apport de PIAF ensembliste (méthode probabiliste) pour améliorer la détection
- Des performances de détection encore imparfaites à l'échelle du km²

Sur les méthodes d'évaluation :

- Approche hydrologique sur les dépassements de seuils déjà informative
- Intérêt d'intégrer la prise de décision dans le processus d'évaluation
- mais possibilité d'améliorer le réalisme des cas présentés:
 - Erreurs de modélisation hydrologique négligées
 - Délais de mise à disposition des prévisions à intégrer
 - Réalisme des paramètres du modèle multi-agents:
seuil de décision, capacités d'intervention, durées d'intervention et réaffectation des équipes

Olivier Payrastre

olivier.payrastre@univ-eiffel.fr

