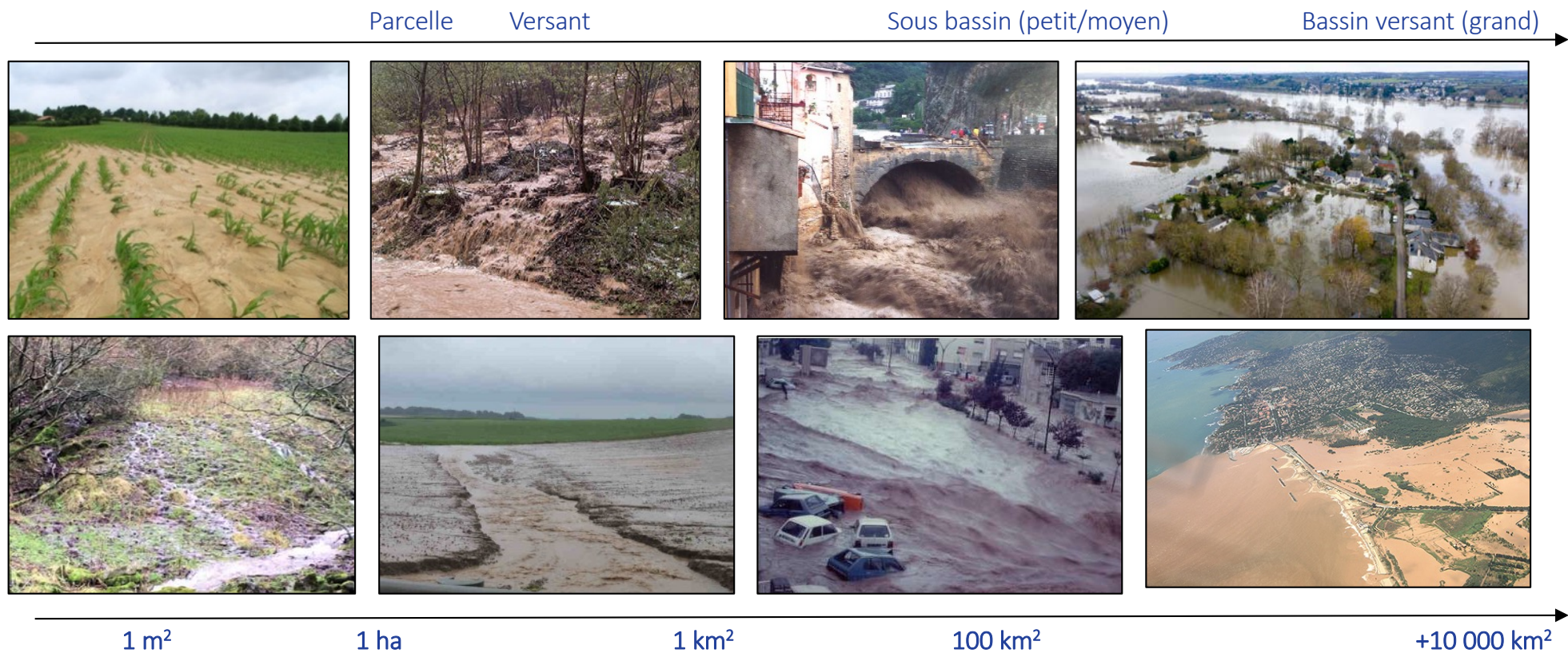


➤ **Fonction du couvert boisé face au risque d'inondation**

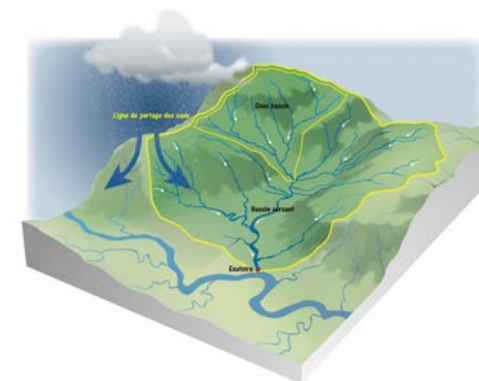


**Auteur** : Patrick ARNAUD  
**Equipe** « Risques Hydrométéorologiques »  
**UMR RECOVER – INRAE – Aix-en-Provence**

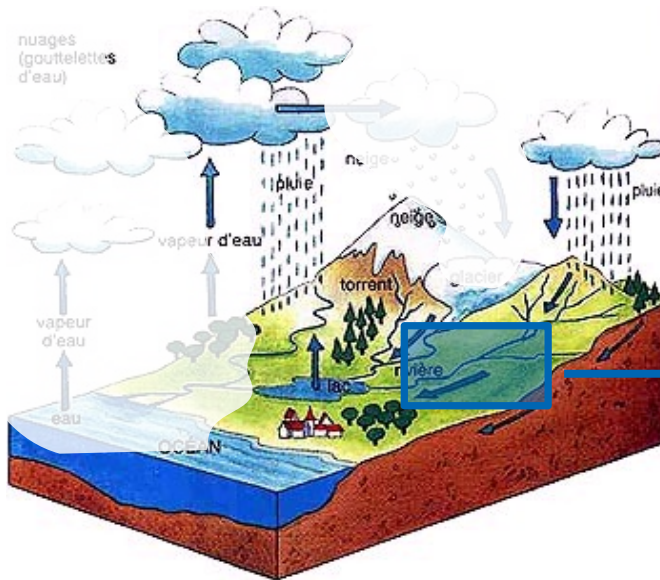
# ➤ Le risque d'inondation



- Importance de la taille du bassin versant
- Notions de volume écoulé (production) et de vitesse (transfert)
- Grande variabilité spatiale et temporelle ...

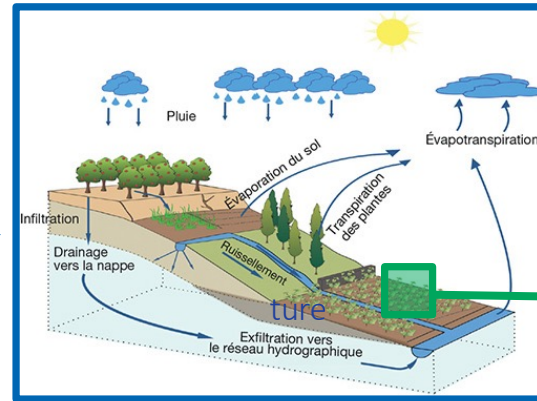


# ➤ Les crues : observations des processus



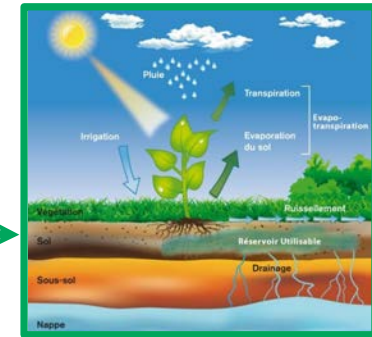
A l'échelle du bassin versant (moyen/grand)

Couverture nationale



A l'échelle du versant (petit bassin)

Bassins de recherche



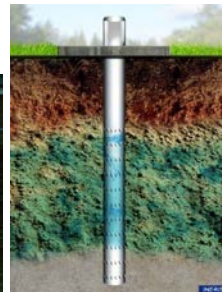
A l'échelle de la parcelle

Sites expérimentaux

Pluviométrie



Piézométrie



Hydrométrie



INRAE

24 avril 2023



# ➤ Les crues : observations et variabilité



Radars météorologiques (~ 30)



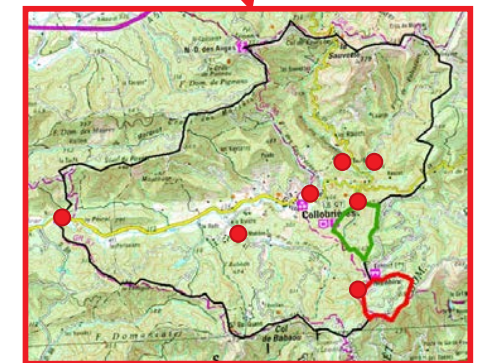
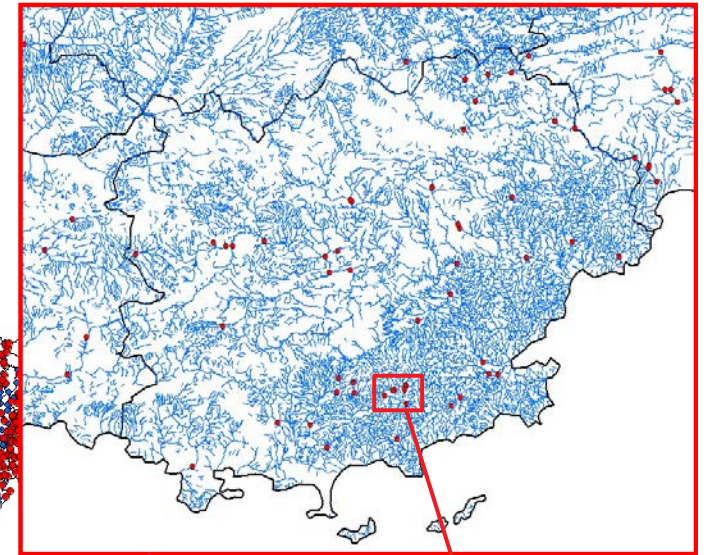
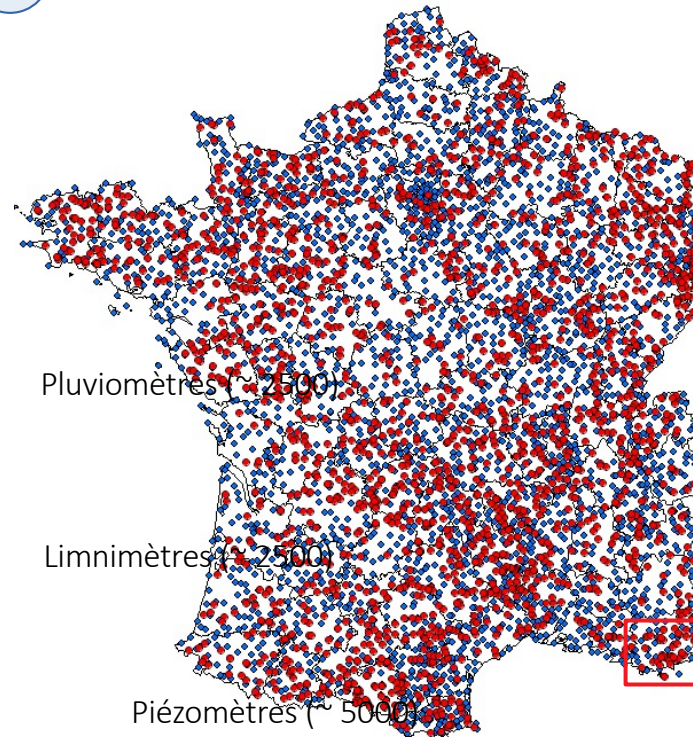
Pluviomètres (~ 2500)



Limnimètres (~ 2500)

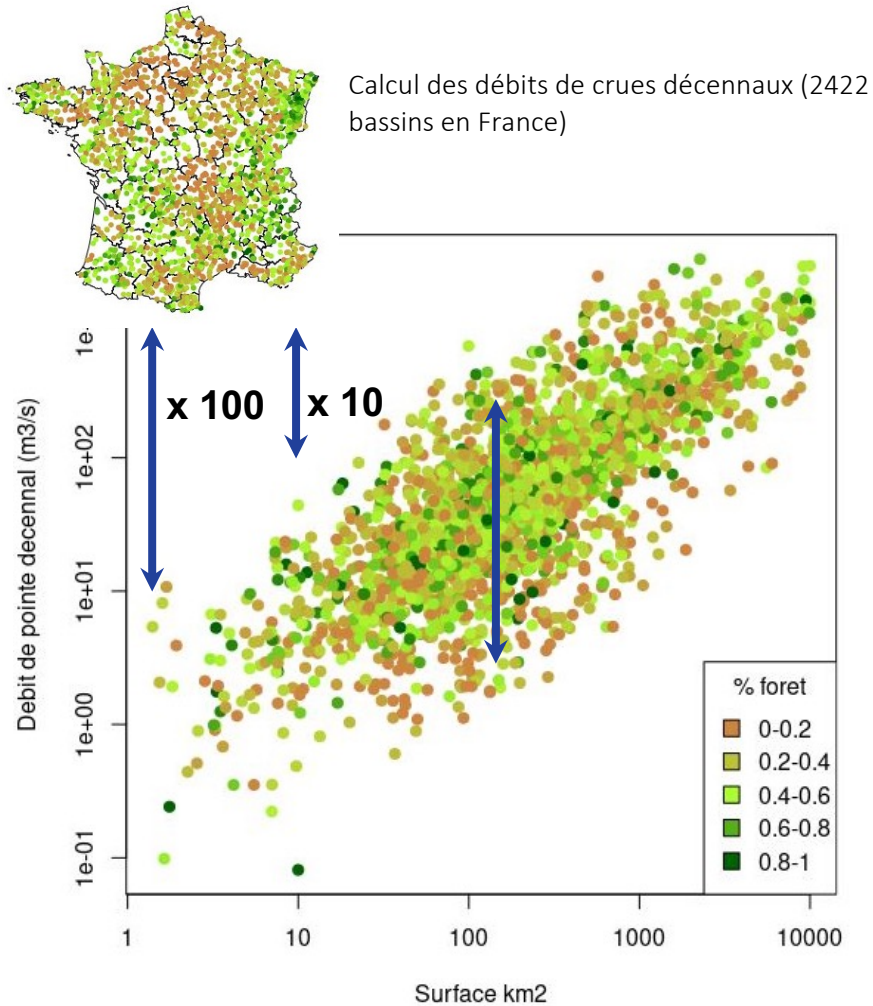


Piezomètres (~ 5000)



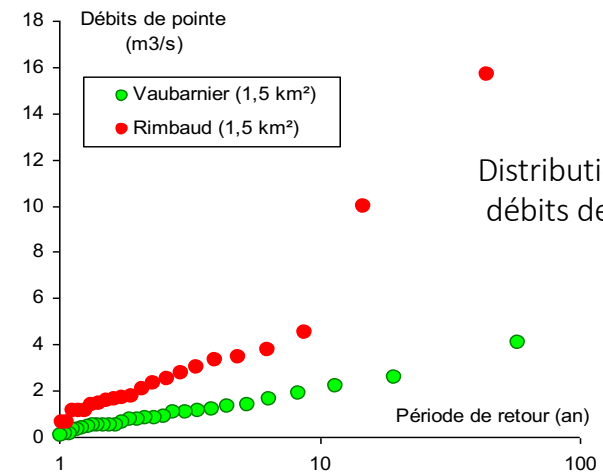
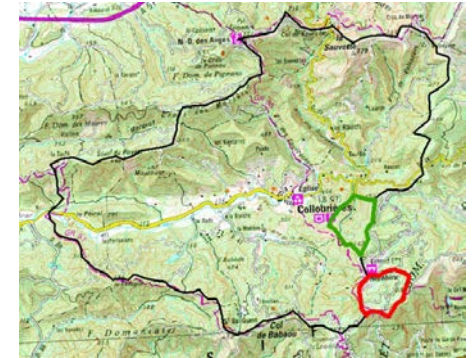
- Pour l'hydrométrie : en moyenne 25 stations / département
  - Quelques sites privilégiés : observatoire du Réal Collobrier (7 stations sur 70 km<sup>2</sup>)
  - Surface des bassins de 1 à 80000 km<sup>2</sup> avec une médiane à 200 km<sup>2</sup>
- ➔ peu d'observations à des échelles spatiales fines

# ➤ Les crues : observations et variabilité



- Des débits de crues ~ facteur de 1 à 100 pour une même surface
- La pluviométrie ~ facteur de 1 à 10 au niveau national
- ➔ Rôle du bassin versant ~ facteur 1 à 10

Comparaison de deux petits bassins versants forestiers du Réal Collobrier (Var)



- Surfaces équivalentes : 1,5 km<sup>2</sup>
- Climat équivalent
- Géologie équivalente
- Couverture forestière équivalente
- *Vaubarnier* *Rimbaud*
- Pentes fortes Pentes
- Sol très altéré Sol peu altéré



# ➤ La genèse des crues (facteurs importants)

## Les précipitations

- **Intensité** --> impact sur l'infiltration
- **Durée** --> impact sur la saturation des sols
- ♦ **Extension spatiale** --> forte variabilité spatiale et gradient altimétrique

## La nature des sols

- **Profondeur** --> capacité de stockage
- **Structure** --> capacité d'infiltration
- **Sous-sol** --> interaction avec des nappes

## L'occupation des sols

- Interception (faible en période de crue)
- Infiltration/ruissellement (imperméabilisation)
- « Transfert » : notion de rugosité (versant et cours d'eau)

## L'état hydrique du bassin versant

- Lié à la climatologie
- Lié aux types de sols
- Lié à l'occupation du sol
- Forte variabilité saisonnière et spatiale

## La morphologie du bassin versant

- **Pente** : accélération des écoulements
- ♦ **Forme** : concentration des écoulements

## et le rôle de la forêt

Influence « directe »

Influence « indirecte »

- Altération des roches par le réseau racinaire
- Création du sol

- pertes par évapotranspiration
- Favorise l'infiltration
- Retard dans les écoulements

*Remarque : nuance entre « nature des sols » (en profondeur) et « occupation des sols » (en surface)*

- Évapotranspiration : assèchement des sols
- Maintien de l'humidité : ombrage et réduction des flux d'air

*Remarque : la forêt ne joue pas un rôle sur tous les facteurs et là où elle joue un rôle elle n'est pas toujours la seule ...*



INRAE

24 avril 2023

## ➤ Rôle de la forêt : Ce que disent les études

Andreassian V., 2002 – Impact de l'évolution du couvert forestier sur le comportement hydrologique des bassins versant – Thèse de doctorat

- ◆ « la gestion courante de la forêt du versant méditerranéen du Massif Central n'a qu'un très faible impact sur le fonctionnement hydrologique des bassins versants »
- ◆ « ... cet impact est complètement occulté par la variabilité climatique »

Durant, 2003 – Rôle de la forêt sur les crues, la Houille Blanche, 89:6, 129-134, DOI: 10.1051/lhb/2003122 (RTM)

- ◆ « La forêt est une sorte de réservoir qui écrête mais qui a aussi ses limites »
- ◆ « Son principal intérêt réside dans le contrôle de l'érosion en montagne »
- ◆ « Les résultats tranchés sur des bassins expérimentaux ne peuvent pas être transposés aux grands bassins »
- ◆ « La réduction visible sur les crues « ordinaires » conduit à une sorte d'oubli des événements extrêmes sur lesquels la forêt aura peu d'impact »

Cosandey et al, 2003 : Rôle joué par la forêt sur l'hydrologie des régions méditerranéennes : synthèse des recherches menées en France

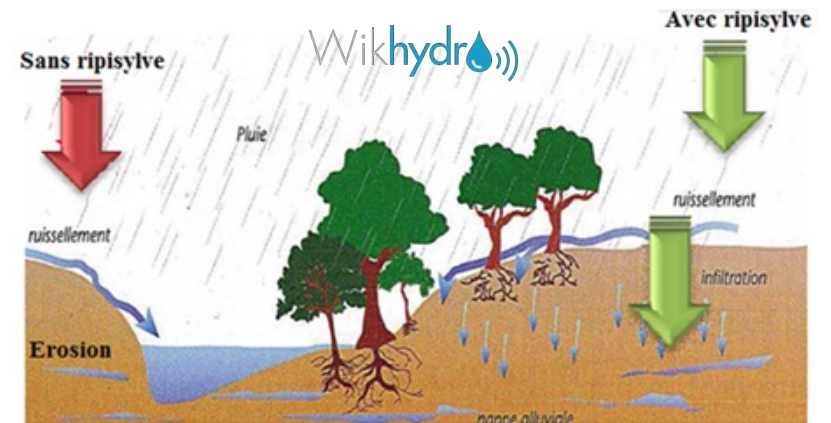
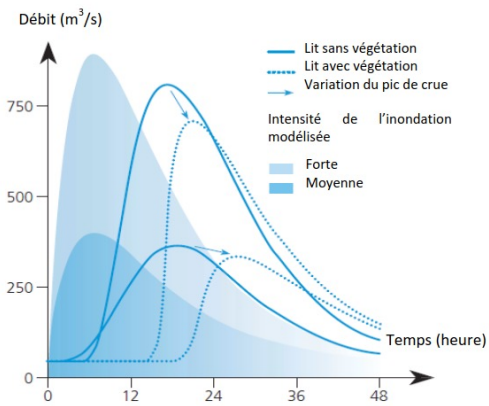
- ◆ Comparaison des sites expérimentaux : Draix / Réal Collobrier / Mont Lozère
- ◆ « Il est aussi faux de considérer que la forêt n'a pas d'influence sur les crues que d'affirmer qu'elle les réduit systématiquement. »
- ◆ « Il faut avant tout opposer sol nu et sol couvert par la végétation, bien plus qu'entre type de couvert végétal »



# ➤ Rôle de la ripisylve sur les crues

## Régulation des crues par ralentissement des écoulements

- ◆ Augmentation de la rugosité des berges
- ◆ Retarde l'inondation et atténue le pic de crues
- ◆ Atténuation plus marquée pour les intensités élevées



## Les embâcles : bois mort ou arraché à la ripisylve

- ◆ Défaillance des ouvrages (ponts, barrages,... )
- ◆ Débordements sur les propriétés voisines
- ◆ Aggravation de l'inondation par rupture des embâcles



## ➤ Rôle de la forêt sur le transport solide

### Crués et laves torrentielles : bassins de montagne

- ◆ Torrent = pente supérieure à 6%
- ◆ Au delà de 8% de MES = hydraulique torrentielle
- ◆ Écoulements fortement « chargés » jusqu'à 30 % = forte érosion
- ◆ Laves torrentielles = concentration solide entre 30 et 70%



Vue aérienne, prise le 3 octobre 2020, de la Visoubre en crue (Alpes-Maritimes). Valéry HACHE / AFP



### Restauration des terrains de montagne

- ◆ Politique de reboisement débutée en 1860
- ◆ Les services RTM ont reboisé plus de 300 000 ha de terrains dégradés
- ◆ Maintien des sols
- ◆ Forte limitation de l'érosion et du transport solide
- ◆ Limitation des glissements de terrain



Gauche : ©Le village de Freissinières (Hautes-Alpes) avant / ONF - Droite : ©Freissinières après / ONF



INRAE

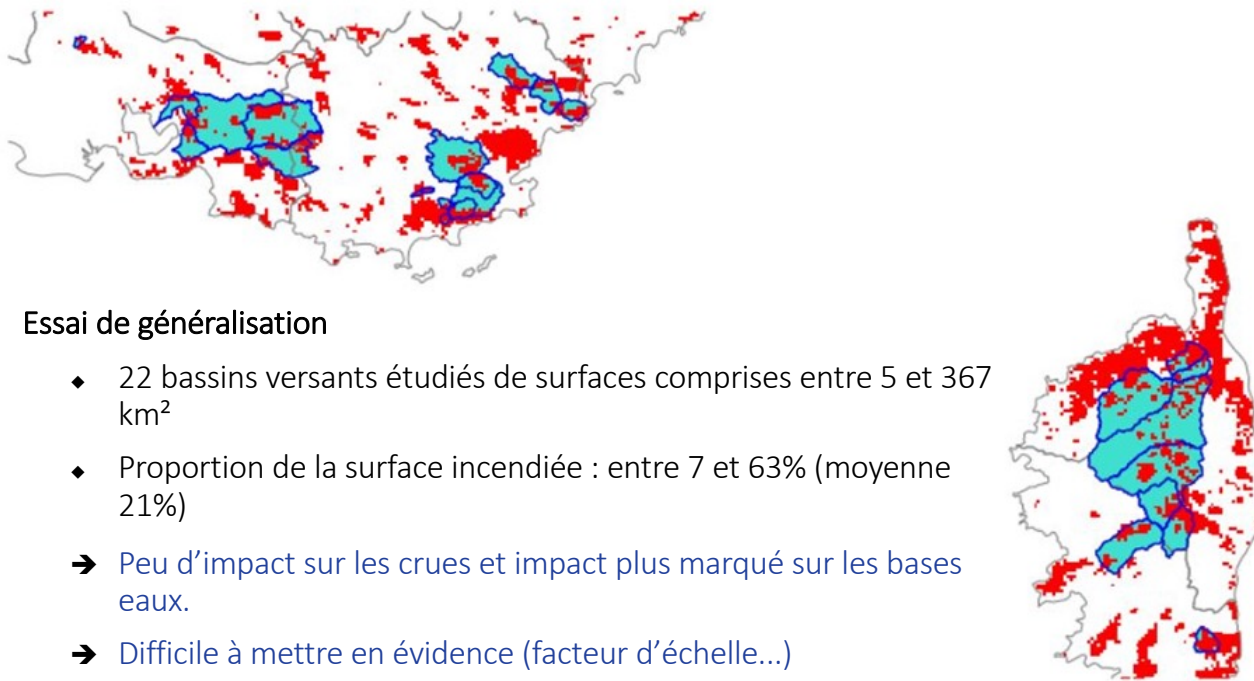
24 avril 2023

# ➤ Impact des incendies sur les crues

Cas du bassin versant du Rimbaud (1,5 km<sup>2</sup>) incendié à 80 %

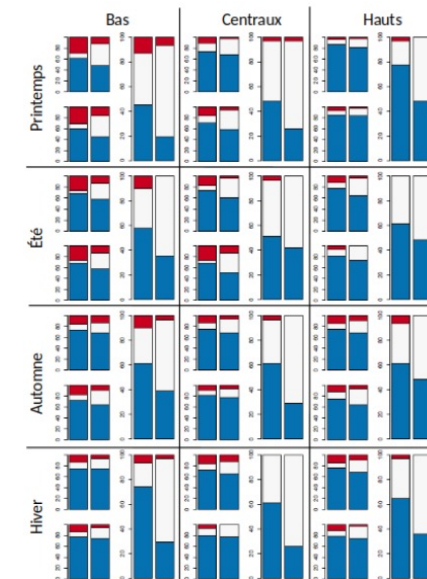
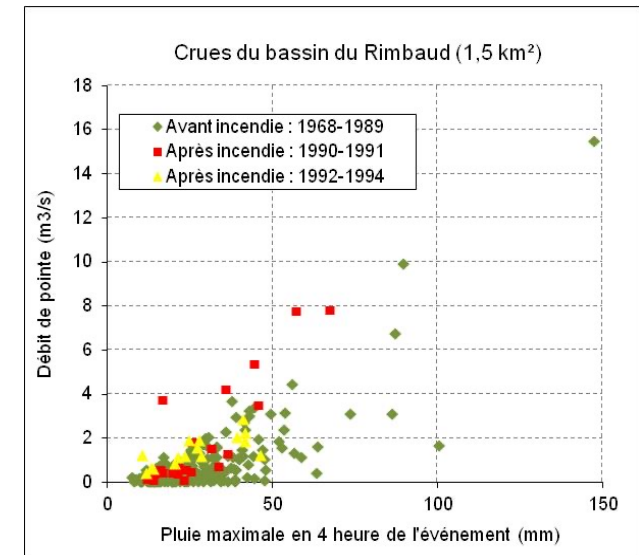
- ➔ Forte augmentation des ruissellements les deux premières années
- ➔ Reprise d'un fonctionnement « normal » avec le développement de la végétation
- ➔ Cas particulier : petit bassin avec faible capacité de rétention.

**Bassins versants sévèrement touchés par des grands incendies**



## Essai de généralisation

- ◆ 22 bassins versants étudiés de surfaces comprises entre 5 et 367 km<sup>2</sup>
- ◆ Proportion de la surface incendiée : entre 7 et 63% (moyenne 21%)
- ➔ Peu d'impact sur les crues et impact plus marqué sur les bases eaux.
- ➔ Difficile à mettre en évidence (facteur d'échelle...)

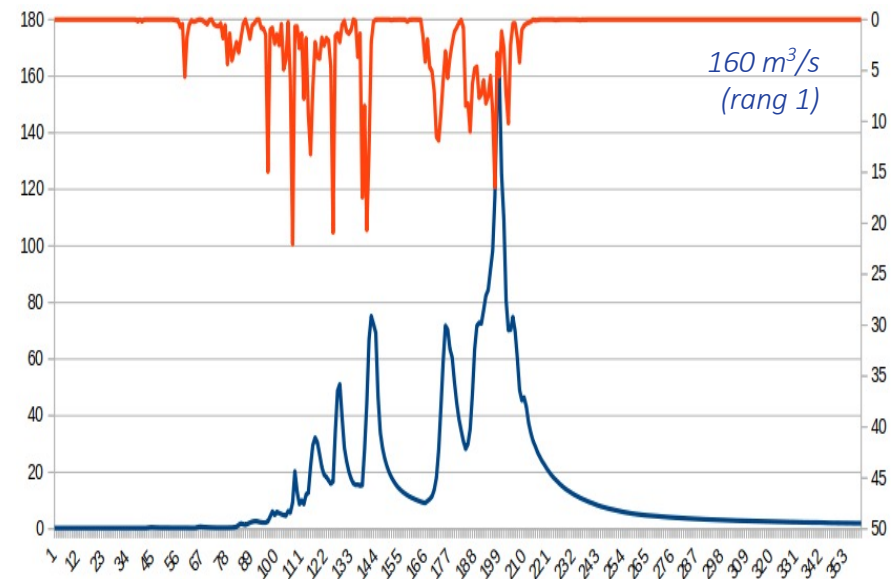
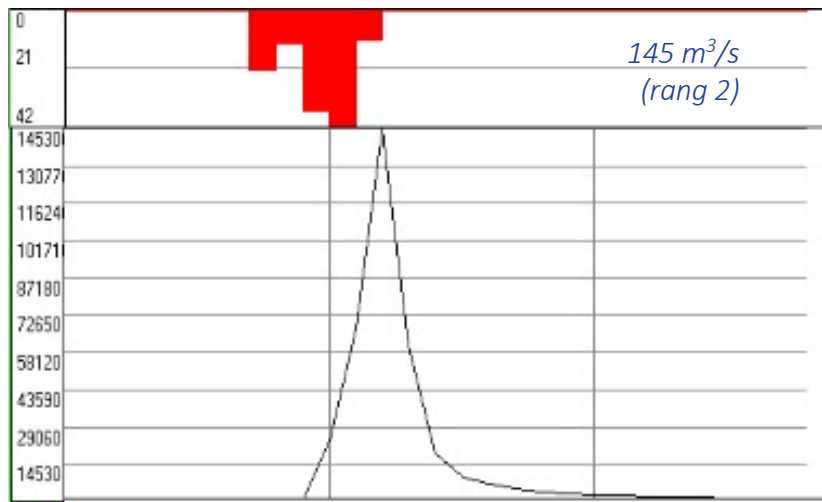
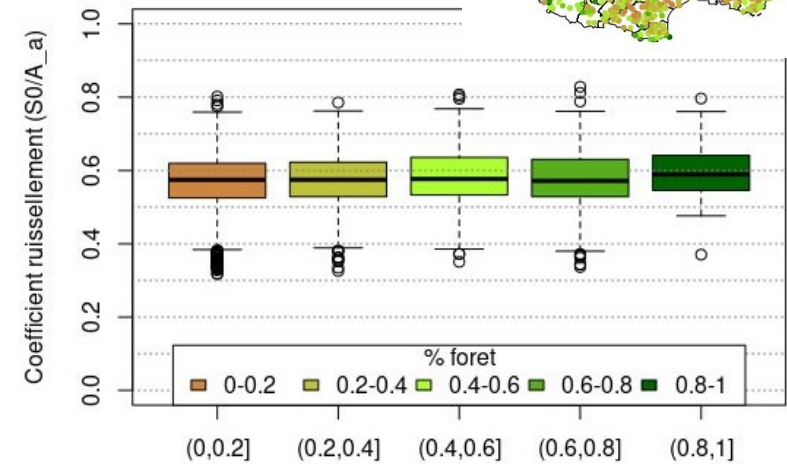
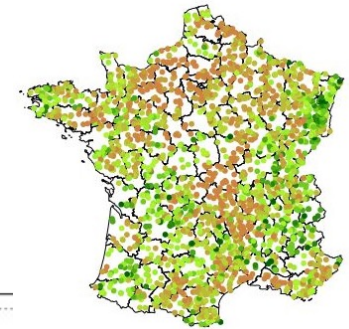


Mas, 2018

# ➤ Les crues extrêmes

## Modélisation hydrologique des crues

- ◆ Calage de paramètres sur les chroniques de pluies et de débits
- ◆ Avec un focus sur la restitution des crues
- ➔ Le pourcentage de forêt est rarement explicatif des paramètres hydrologiques (*ici d'un indice du coefficient de ruissellement*).
- ➔ Les crues les plus fortes sont associées à des intensités de pluies extrêmes
- ➔ ou des cumuls de pluies fortes (longues durées)

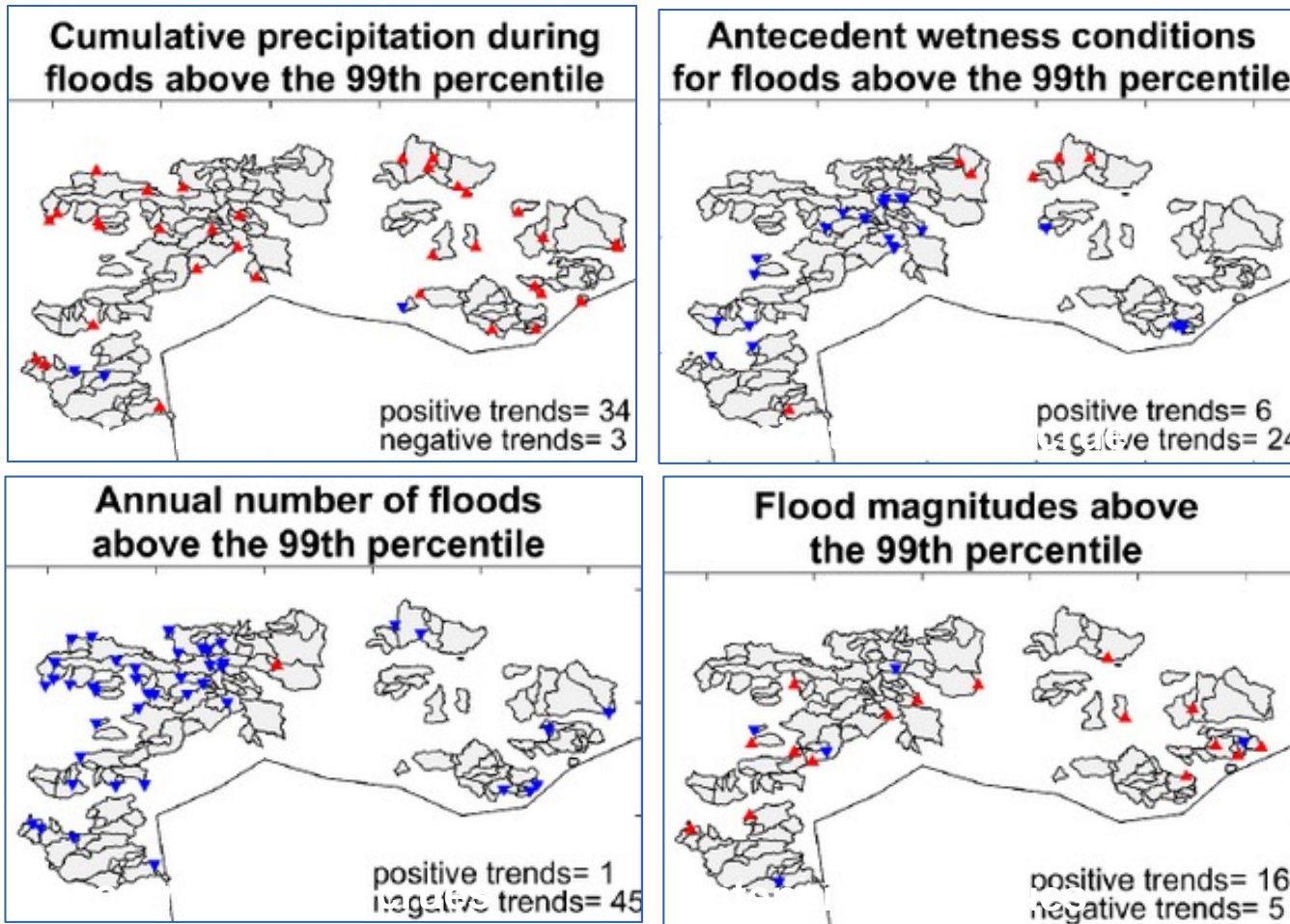


## ➤ Et le changement climatique ...

Tramblay et al, 2019 – Detection and attribution of flood trends in Mediterranean basins, *Hydrol. Earth Syst.*, 23, 4419-4431.

▲ hausse significative

▼ baisse significative



On observe ...

- une augmentation des pluies intenses
- une diminution de l'humidité des sols (hausse des températures)
- moins de crues mais plutôt plus intenses

L'impact sur les forêts et indirectement sur le risque de crues, pourrait être ...

- Demande en eau croissance de la végétation
- Dépérissement des forêts et de la ripisylve
- Augmentation du risque d'incendie



INRAE

24 avril 2023

## ➤ Conclusion : rôle de la forêt sur le risque d'inondation

### Effets positifs

- ◆ Limite fortement l'érosion et le transport solide (rôle aussi sur les glissements de terrain).
- ◆ Ralentit des crues : joue sur la dynamique et « écrête » les pics de crue.
- ◆ Améliore la rétention d'eau lors des pluies intenses en favorisant l'infiltration
- ◆ Corollaire : réduit le ruissellement en début de crue

### Effets négatifs

- ◆ Potentiellement sources d'embâcles
- ◆ Augmentation du transport solide suite aux incendies ou vieillissement

### Nuances à retenir ...

- ◆ **Dépend de la surface** des bassins considérés (effet d'échelle) : plus d'impacts sur les petites surfaces, qui se réduit fortement sur les grandes surfaces de bassin.
- ◆ **Dépend de la nature de la forêt** (essences) et de la saison.
- ◆ **Dépend du fonctionnement hydrologique du bassin** (quels processus dominant)
- ◆ **Dépend de la profondeur des sols** : marqué sur les sols profonds.
- ◆ **Dépend de la gamme d'intensité des crues** (courantes ou extrêmes) : exemple, la crue de Vaison la Romaine en 2002 a été générée sur un bassin à 90% boisé.

