

Journée partenaires

Anticiper les risques :  
Technologies et nouveaux outils

Vendredi 29 septembre - 9h-17h – MACI  
Université Grenoble Alpes



# Projet HYDRODEMO: une recherche action « Pluie débit » au service d'une collectivité

Juliette BLANCHET, François COLLEONI, Guillaume EVIN, Catherine FOUCHIER, Caroline LE BOUTEILLER, Alexandre MAS, Maxime MOREL, Loïc ORILLARD, Guillaume PITON, Alix REVERDY

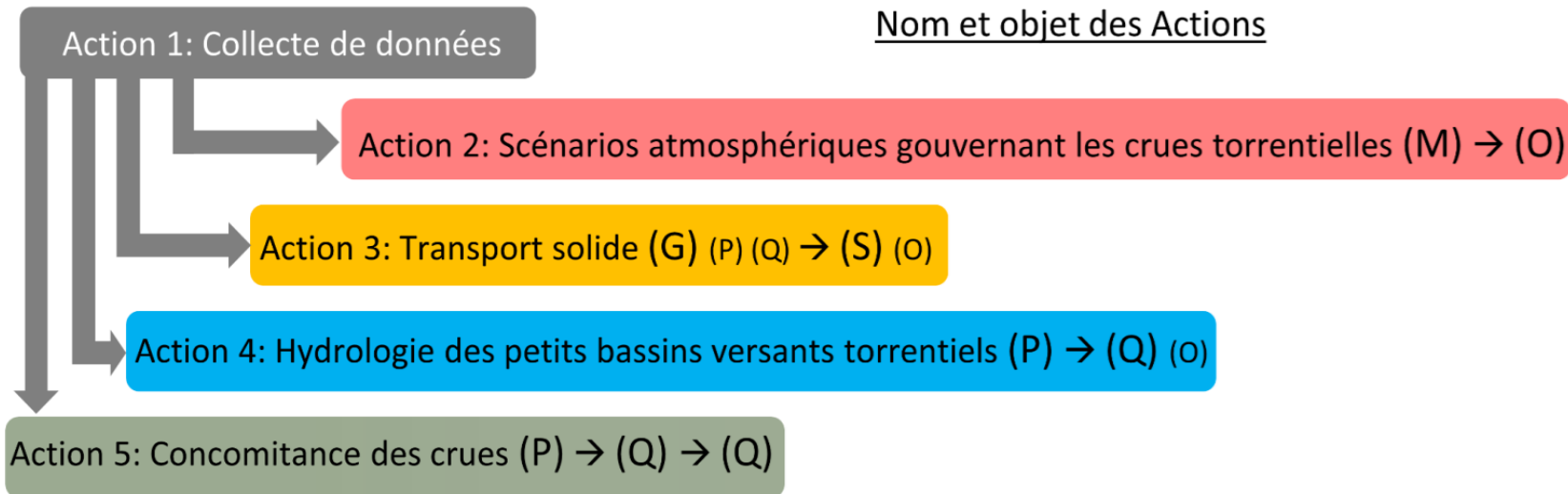
## Partenaires



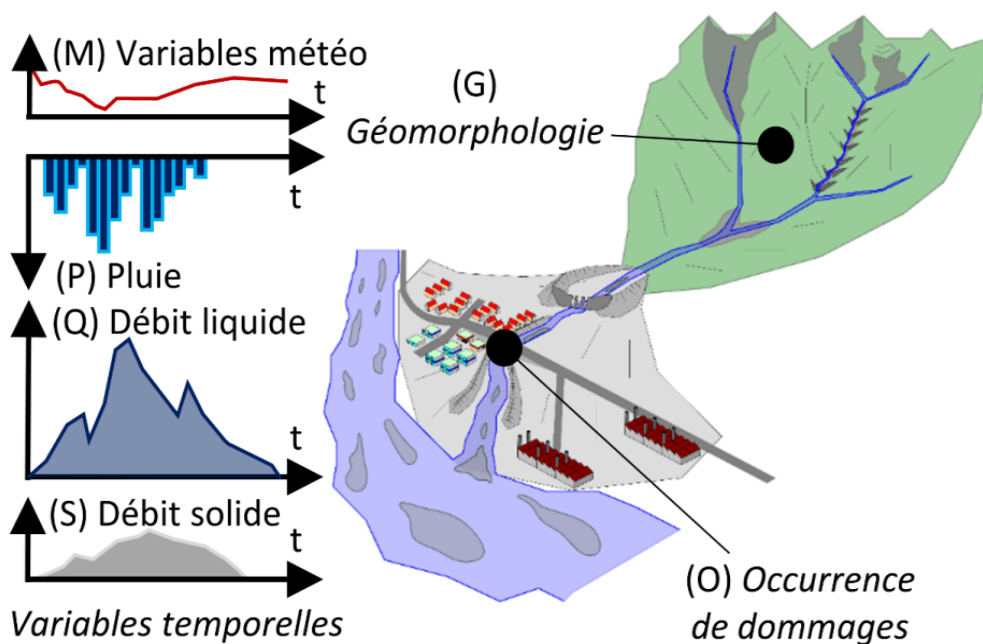
Avec le soutien de



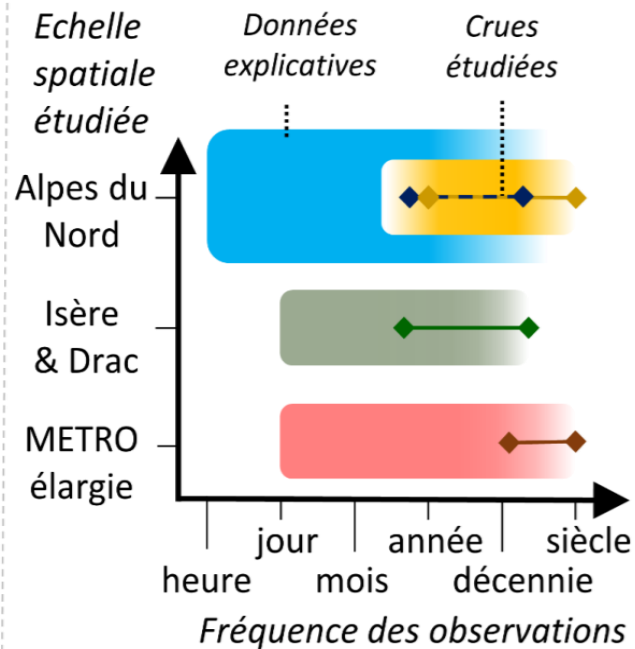
## Nom et objet des Actions



## Variables principales étudiées



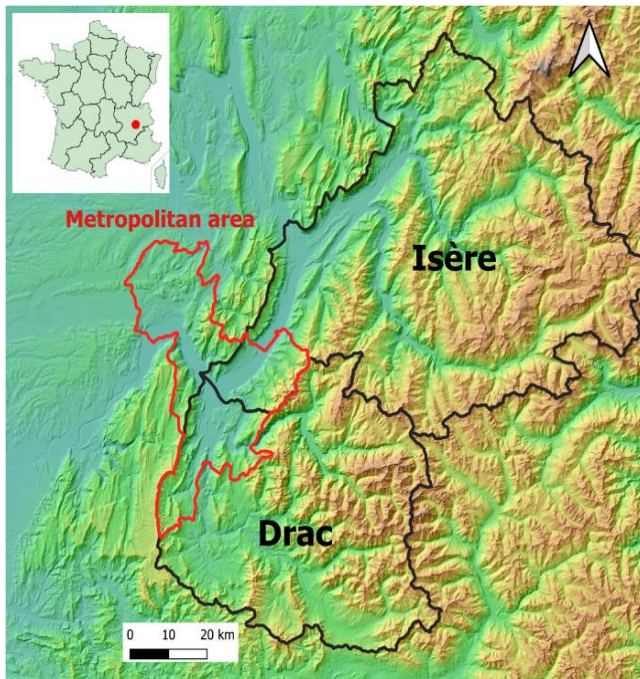
## Echelles spatiales et temporelles



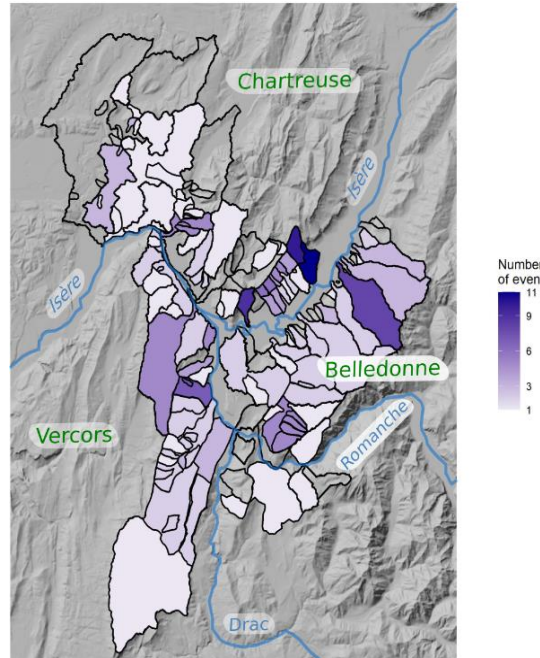
# Action 2: Caractériser les scénarios atmosphériques gouvernant les crues torrentielles du Y grenoblois

*IGE: Alix Reverdy (IR), Périne Kiennemann (stagiaire M2), Supervision Juliette Blanchet*

## Y Grenoblois: zone d'étude



## Nombre d'événements par entité torrentielle RTM



- **Base de donnée RTM-IGE** : événements hydrométéo ayant engendré des dégâts sur la période 1851-2019 (Creutin et al., 2022)
- 66 événements incluant un ou plusieurs torrents

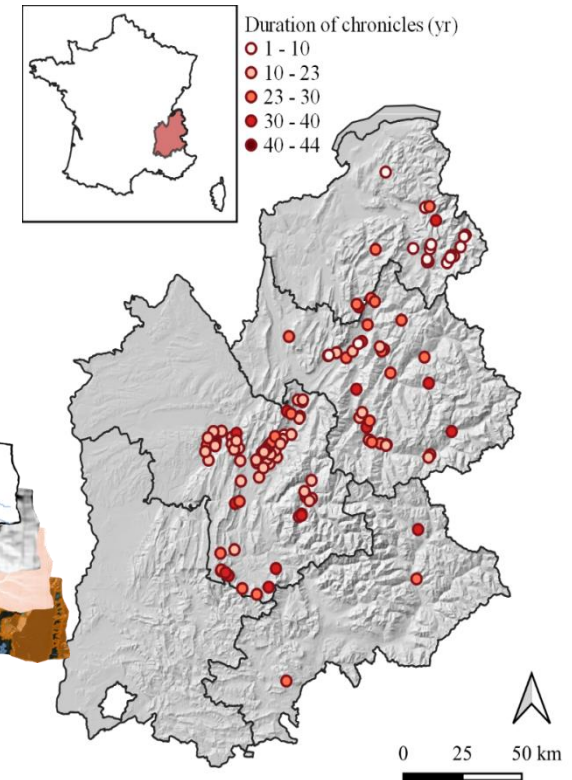
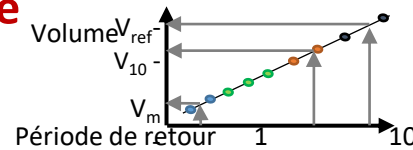
**Les événements torrentiels sont générés par de longues séquences de types de temps identiques (situation grande échelle persistante)**

# Action 3: Caractériser l'activité de transport solide

INRAE-ETNA: Maxime Morel (IR), Supervision Guillaume Piton et Caroline Le Bouteiller

- Analyse des dépôts curés dans **120 plages de dépôt sédimentaire**
- Estimation des **productions annuelles, décennale et centennale pour chaque bassin**
- Analyse géographiques des bassins versants amont et des facteurs pilotant la production sédimentaire
- Proposition des formules simples de prédiction des apports solides moyens et événementiels basées sur des indicateurs géographiques

→  $V_i = f(\text{surface des zones en érosion, pente})$

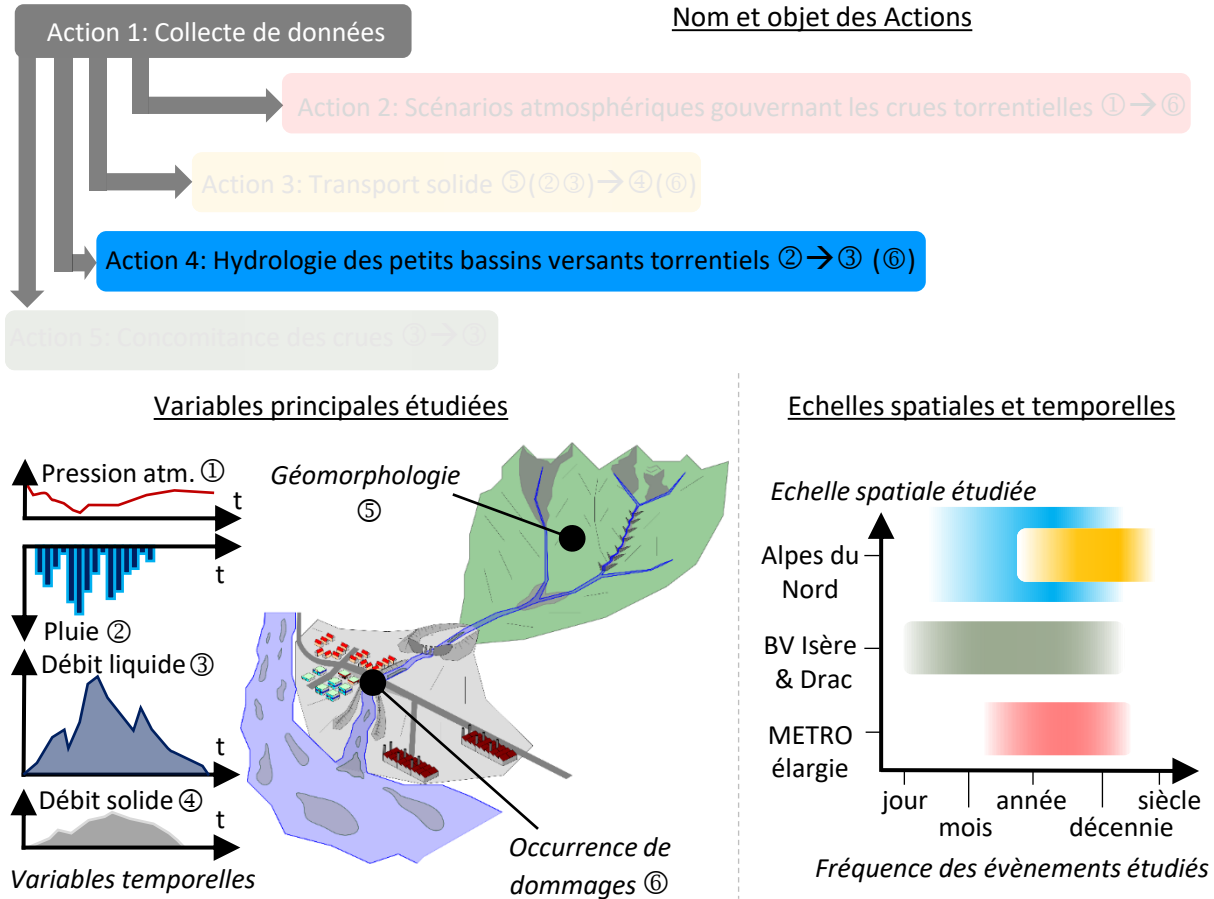


Morel, M., G. Piton, D. Kuss, G. Evin, et C. Le Bouteiller. 2023. "Statistical Modeling of Sediment Supply in Torrent Catchments of the Northern French Alps." *Natural Hazards and Earth System Sciences* 23 (5): 1769–87. <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1769-2023>.

# Action 4: Caractériser l'hydrologie

**INRAE-RECOVER:** François Colléoni (IR), Supervision Catherine Fouchier

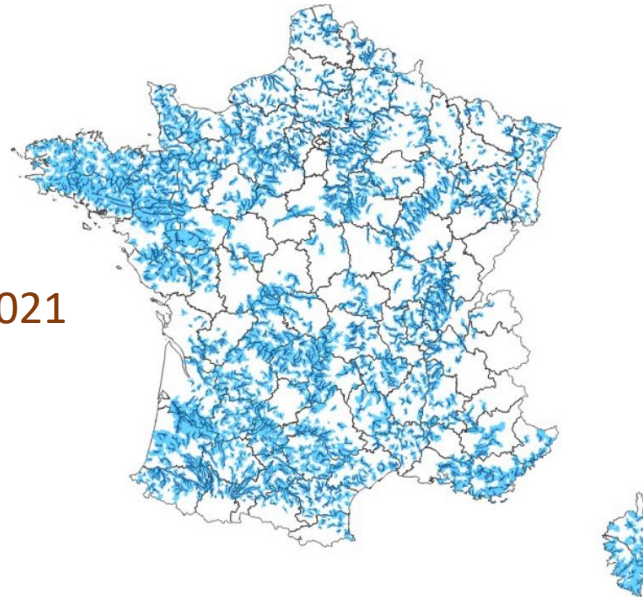
**INRAE-IGE:** Alexandre Mas (IR), Supervision Guillaume Evin



# Difficultés, pratiques actuelles et outils existants

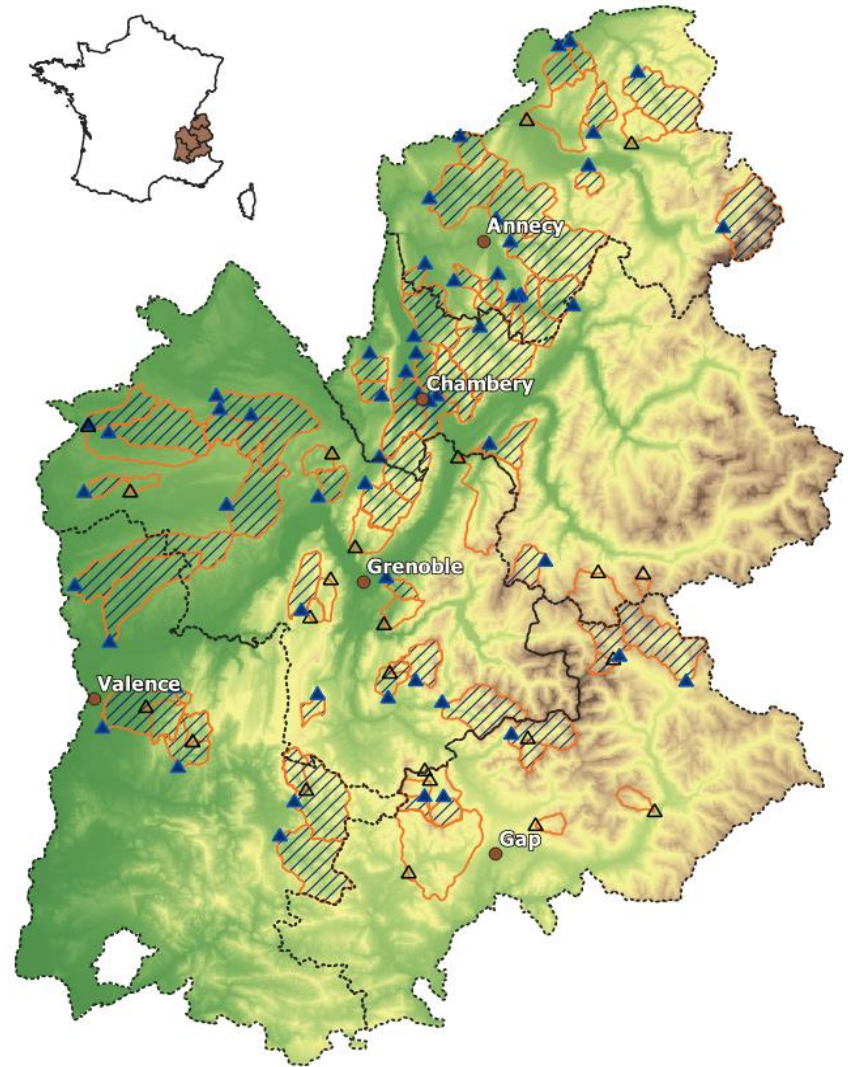
- Des connaissances limitées du fonctionnement hydrologique des bassins versants torrentiels, principalement en raison du limite des données disponibles.
- Des approches pratiques « expertes » (SCS, Crupedix) peu renouvelées et parfois mal adaptées.
- Limitation / non-disponibilité des approches déployées à l'échelle nationale (SHYREG, Vigicrues Flash) en raison des influences humaines (barrages), de la neige, du karst, du temps de réaction.

Source: «Le dispositif Vigicrues Flash  
Évolutions et perspectives »  
Séminaire Hydrodemo – 6 décembre 2021  
Anne Belleudy MTE/DGPR SCHAPI



# Objectifs de l'action 4

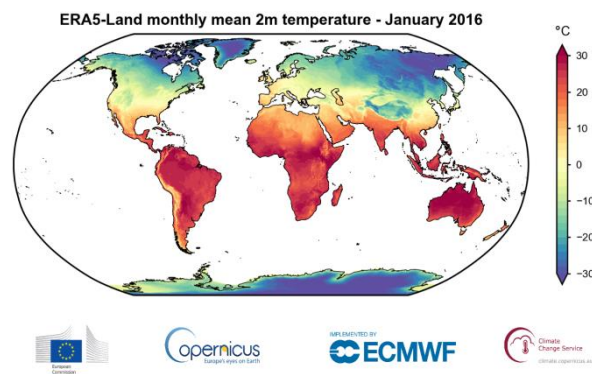
- Comparaison de performances dans un cadre de modélisation hydrologique avec **deux modèles conceptuels: MORDOR-SD (@EDF-DTG) et SMASH (INRAE-RECOVER)**
- 79 bassins versants « Alpes du Nord » (Banque Hydro + EDF) avec un focus sur **13 bassins GAM**
- Surface : 8 à 300 km<sup>2</sup>
- Utilisation de réanalyses météorologiques
- Quantiles 5, 10 et 20 ans en bassins jaugés et non-jaugés (intervalles pour 50 ans et 100 ans)



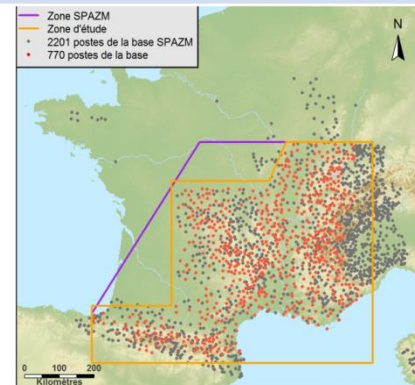
**Bonnes performances pour les bassins jaugés, surtout lorsque les réanalyses assimilant des données radar sont exploitées**

# Forçages de précipitation

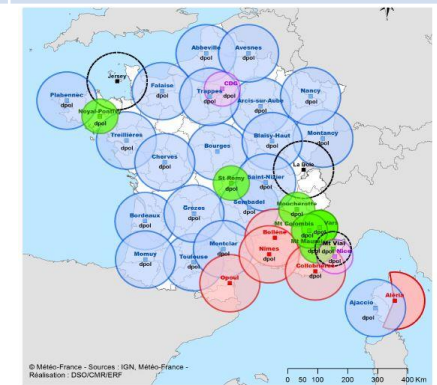
	ERA5-Land	SPAZM	COMEPHORE
<b>Résolution</b>	9x9 km <sup>2</sup> horaire	km <sup>2</sup> journalier	km <sup>2</sup> horaire
<b>Spatialisation</b>	Modèle météo de surface ECMWF, données satellitaires	EDF-DTG: Réanalyse journalière par type de temps et gradient altitudinal	Météo-France: Compositage données radar et pluviomètres
<b>Disponibilité</b>	1950--	1958--	1997--
<b>Avantages</b>	Disponibles librement sur le portail Copernicus, nombreuses variables	Reproduit bien les bilans annuels en zone de montagne	Résolution horaire Evènements localisés
<b>Limites</b>	Pas d'assimilation de données au sol	Nécessité de désagréger au pas de temps horaire	Faible visibilité des massifs intérieurs Non-homogénéité



[climate.copernicus.eu/climate-reanalysis](https://climate.copernicus.eu/climate-reanalysis)



Source: Penot, 2014



Source :Météo-France



# Modélisation hydrologique: MORDOR-SD

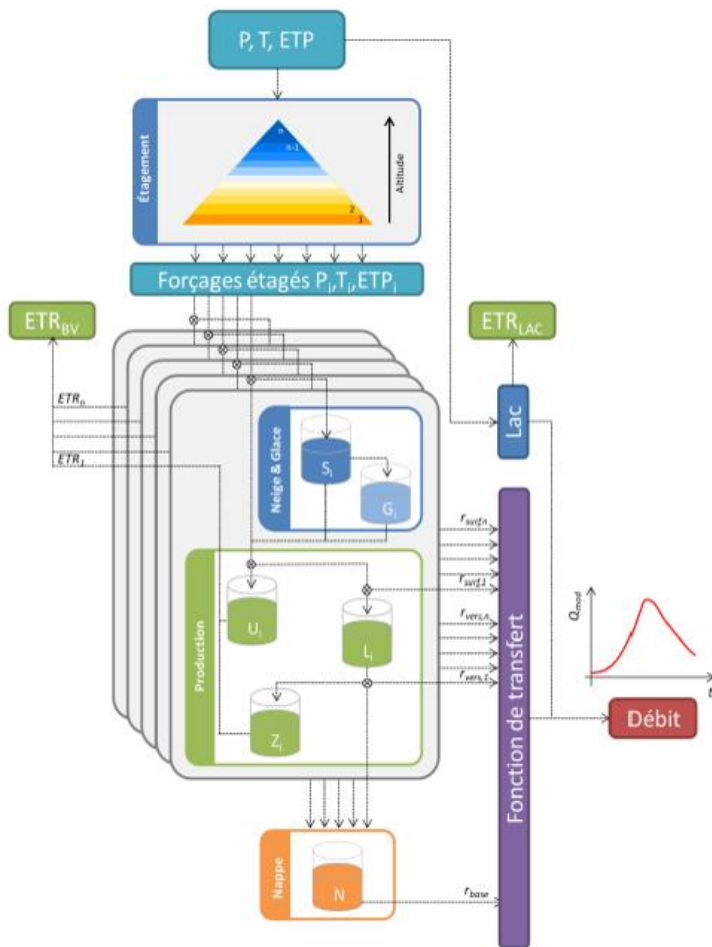


Figure 1 : Schéma fonctionnel de MORDOR SD.

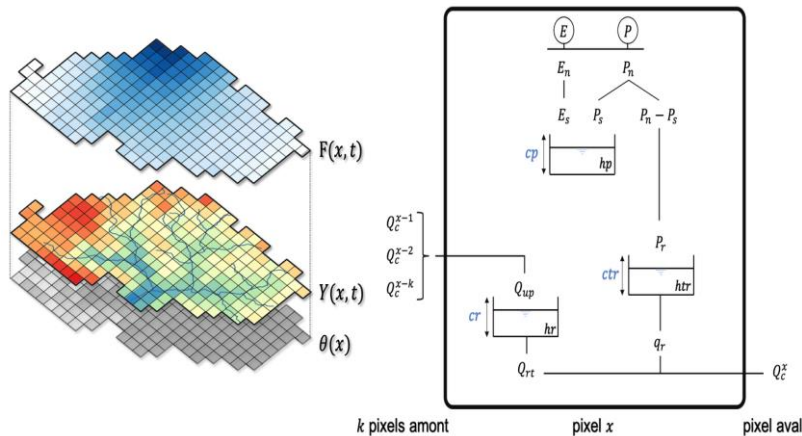
- Modèle hydrologique semi-distribué MORDOR-SD (Garavaglia et al. 2017)
- 21 paramètres libres (hors glace)
- Modules neige et glace
- Calibration multicritères (séries de débits, saisonnalité des débits, variance des débits et des extrêmes)

Garavaglia, F., M. Le Lay, F. Gottardi, R. Garçon, J. Gailhard, E. Paquet, et T. Mathevet. « Impact of Model Structure on Flow Simulation and Hydrological Realism: From a Lumped to a Semi-Distributed Approach ». *Hydrology and Earth System Sciences* 21, n° 8 (1 août 2017): 3937-52.

<https://doi.org/10.5194/hess-21-3937-2017>.

# Deuxième modélisation hydrologique : SMASH

*Spatially distributed Modelling and ASSimilation for Hydrology*



- Plateforme de modélisation hydrologique distribuée et d'assimilation de données (Haruna et al., 2021)
  - Résolution spatiale : 1 km<sup>2</sup>
  - Représentation possible de différents processus hydrologiques, à différents pas de temps :
    - journalier pour la ressource en eau,
    - horaire à 15 minutes pour les crues,
  - Utilisation opérationnelle dans Vigicrues Flash (Piotte et al., 2020) :
    - version simplifiée à 2 paramètres, sans routage et sans prise en compte de la neige,
- exclusion des bassins versants alpins du service

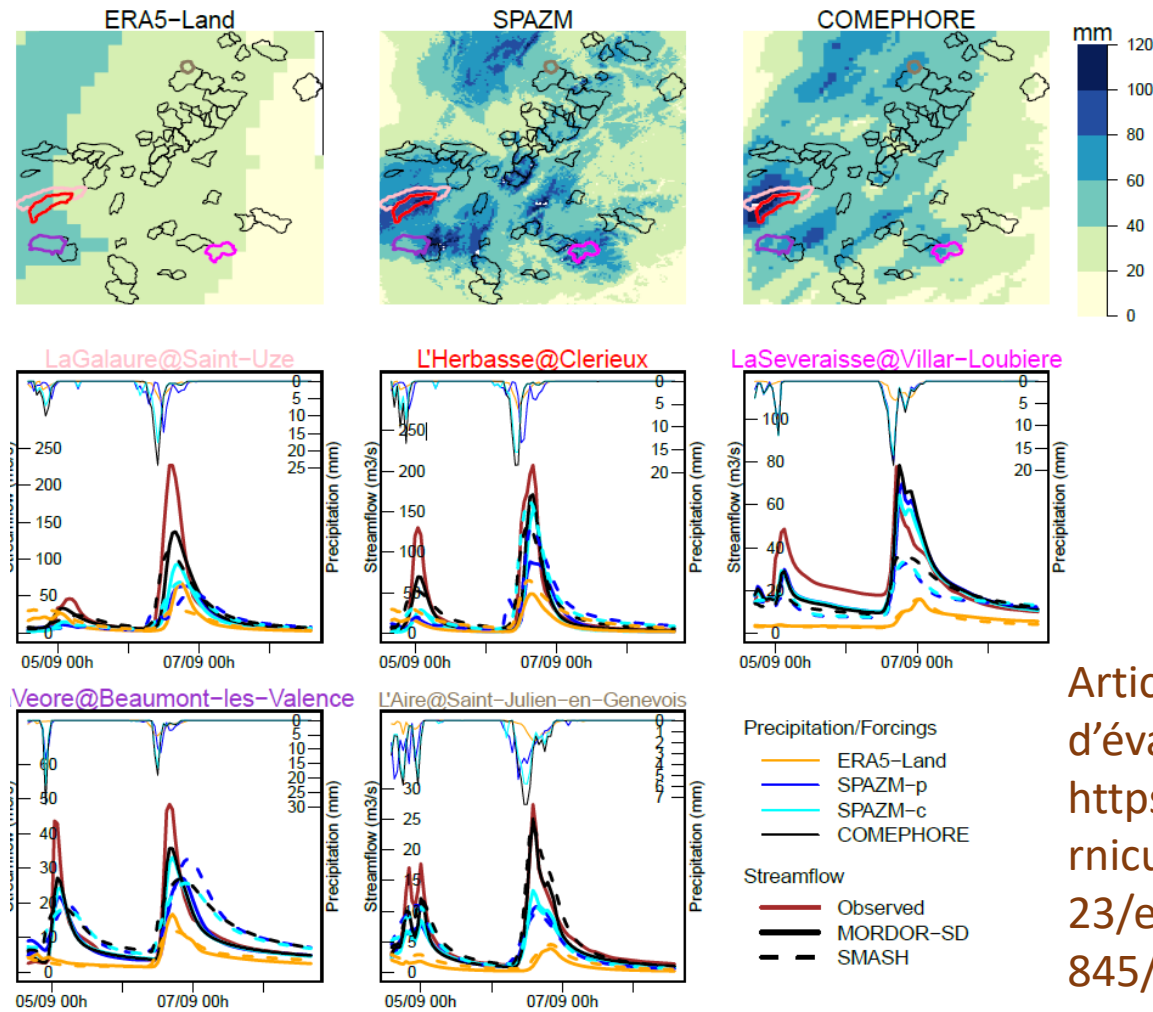
Haruna A., Garambois P.-A., Roux H., Javelle P., Jay-Allemand M. Signature and sensitivity-based comparison of conceptual and process oriented models, GR4H, MARINE and SMASH, on French Mediterranean flash floods. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2021, Preprint, <https://doi.org/10.5194/hess-2021-414> .

Piotte O., Montmerle T., Fouchier C., Belleudy A., Garandeau L., Janet B., Jauffret C., Demargne J., Organde D. Les évolutions du service d'avertissement sur les pluies intenses et les crues soudaines en France. *La Houille Blanche* 2020, n°6 : 75-84 <https://doi.org/10.1051/lhb/2020055>

# Crue du Merdaret le 06/09/2008

[https://www.youtube.com/watch?v=Ngk2eV\\_WJk8&ab\\_channel=InstitutdesRisquesMajeurs](https://www.youtube.com/watch?v=Ngk2eV_WJk8&ab_channel=InstitutdesRisquesMajeurs)

- Dégâts très importants à Saint-Donat
- Cumul exceptionnel des précipitations sur 4 jours (supérieure à la centennale)
- Débit du Merdaret et de la Limone, proche de la crue centennale
- Débit de l'Herbasse inférieur (période de retour de 60 ans)

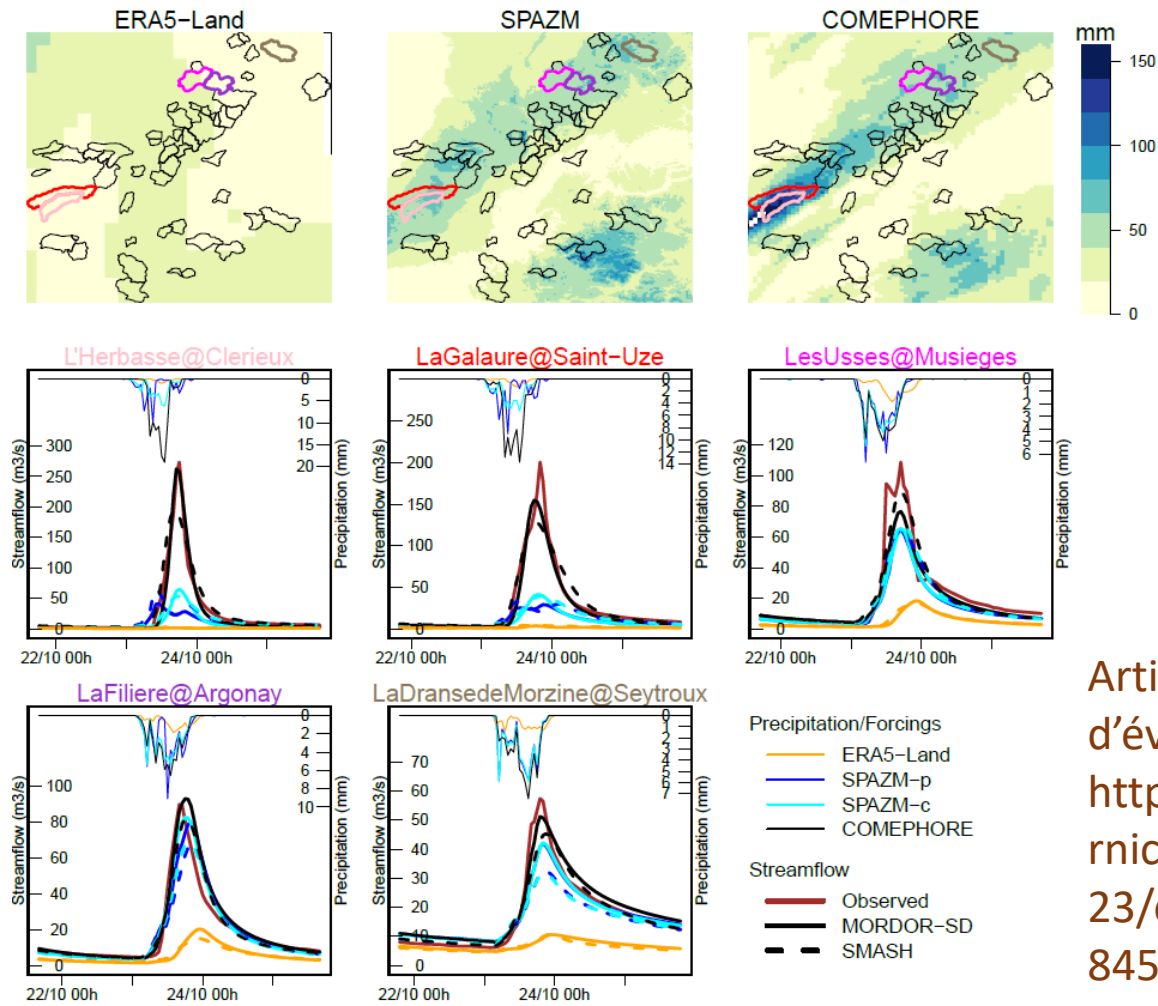


Article en cours  
d'évaluation:  
<https://egusphere.copernicus.org/preprints/2023/egusphere-2023-845/>

# Inondations en Ardèche, Drôme et Isère le 23 octobre 2013

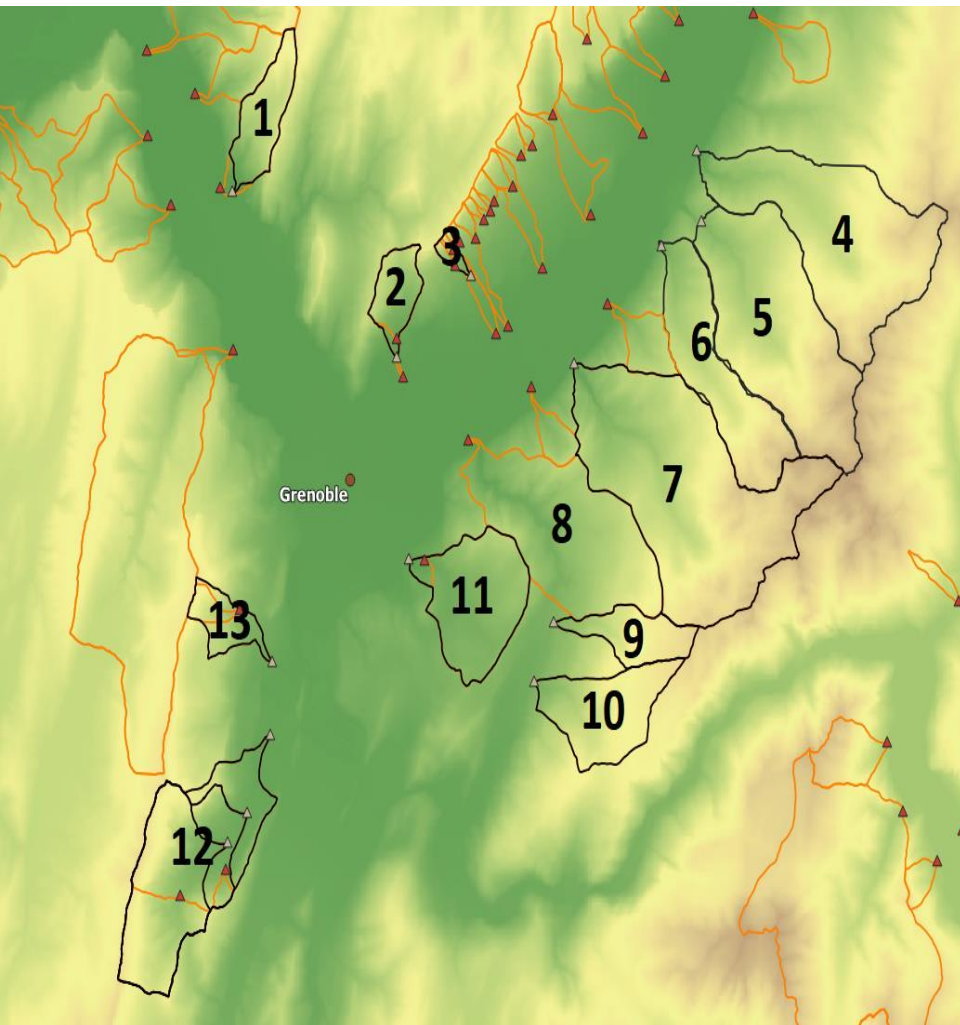
[https://www.youtube.com/watch?v=sld0smhhF70&ab\\_channel=InstitutdesRisquesMajeurs](https://www.youtube.com/watch?v=sld0smhhF70&ab_channel=InstitutdesRisquesMajeurs)

- Cellules orageuses se déplaçant du Sud-Ouest vers le Nord-Est
- Cumuls supérieurs à 200 mm selon COMEPHORE, faisant suite à un autre évènement important le 19-20 octobre 2013 (50-100 mm)
- Inondation des communes de Clérieux, Hauterives, Saint-Sauveur-de-Montagut



Article en cours  
d'évaluation:  
<https://egusphere.copernicus.org/preprints/2023/egusphere-2023-845/>

# Zoom sur 13 bassins GAM - Grésivaudan



Identifiant	Nom	Surface (km2)
1	Le Lanfrey au Fontanil	6.4
2	Le Charmeyran à La Tronche	4.4
3	Torrent de Jailleres à Montbonnot	0.88
4	Ruisseau de Laval à Brignoud	31.7
5	Le Vorz à Sainte-Agnès	32
6	Ruisseau de Lancey à Villard Bonnot	16.9
7	Le Domeynon à Domène	46.2
8	Le Sonnant à Gières	26.3
9	Le Vernon à Vaulnaveys le Haut	6.1
10	Le Premol à Vaulnaveys le Bas	11.6
11	Le Verderet à Eybens	14.8
12	Le Lavanchon à St Paul de Varcès [Maubourg]	16.2
13	Le Rif Talon à Claix	4.1

# Zoom sur 13 bassins GAM - Grésivaudan

Estimations du débit de pointe de temps de retour 10 ans (en m<sup>3</sup>/s) avec Shyreg, MORDOR-SD et Crupedix et valeurs trouvées dans la littérature. Les exposants renvoient aux références bibliographiques (<sup>1</sup>Hydretudes(2012a); <sup>2</sup>Alp'Géorisques(2007); <sup>3</sup>TEREO - Hydretudes(2013); <sup>4</sup>Hydretudes(2012c)).

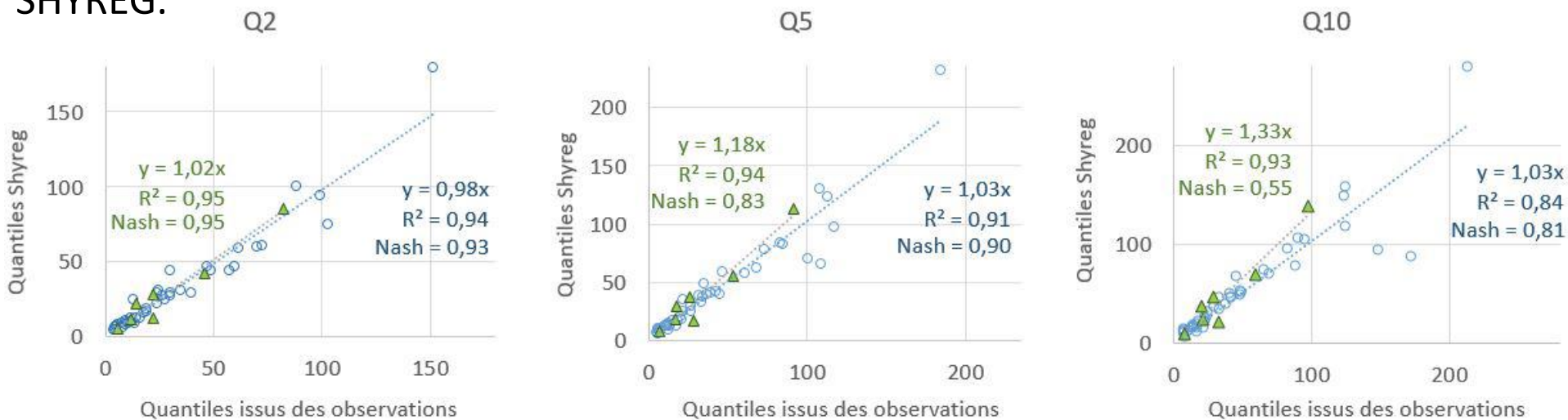
Bassin	Surface (km <sup>2</sup> )	Shyreg	Mordor (Comephore)	Mordor (Spazm)	Crupedix (Comephore)	Crupedix (Spazm)	Valeur/plage litt.
Lanfrey	6.4	5.2	3.6	2.2	6.2	3.7	6.6 - 9 <sup>1</sup>
Charmeyran	4.4	4.8	1.9	1.4	2.3	1.8	
Torrent de Jailleres	0.88	0.4	0.49	0.37	0.65	0.58	
Ruisseau de Laval	31.7	16	20.5	17.2	11.9	20.5	20 <sup>2</sup>
Vorz	32	16	20.4	16.7	15.7	22.6	17.5 <sup>2</sup>
Ruisseau de Lancey	16.9	7.8	11.3	8.9	9.3	12.6	15 <sup>2</sup>
Domeynon	46.2	17.5	29.9	23.4	22.7	28.9	30 <sup>2</sup>
Sonnant	25.8	8.8	7.7	7.4	7.6	8.7	16 <sup>3</sup>
Vernon	6.1	2.7	3.8	3	5.2	5.4	4 <sup>3</sup>
Premol	11.6	3.2	6.3	5.1	7.2	7.1	7.0 <sup>3</sup>
Verderet	14.8	4.6	3	2.9	4	4.1	9.2 - 10.5 <sup>4</sup>
Lavanchon	16.2	4.6	8.9	5.3	7.8	8.6	
Rif Talon	4.1	0.9	1.7	1.1	2.3	2.3	

- Q10 spécifique  $\approx 0.6 \text{ m}^3/\text{s}/\text{km}^2$
- Incertitude principale = précipitations

# Comparaison quantiles observés et quantiles SHYREG

Figure 7.4 rapport HYDRODEMO Action 4 – confrontation des quantiles observés et modélisés pour les périodes de retour 2 ans (à gauche), 5 ans (au centre) et 10 ans (à droite). Modélisations effectuées avec la méthode SHYREG.

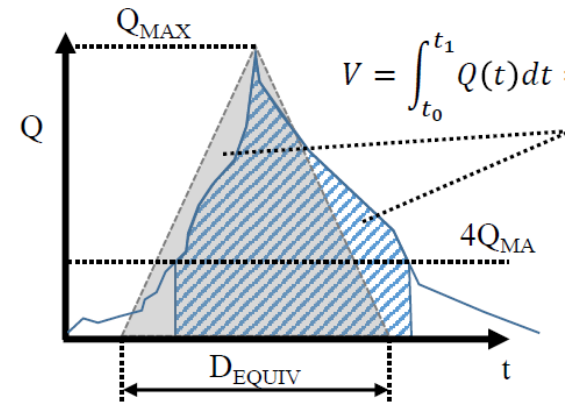
- : bassins HYDRODEMO ayant servi au calage de la méthode SHYREG,
- △: bassins HYDRODEMO n'appartenant pas à l'échantillon de calage de la méthode SHYREG.



# Conclusions action 4

## Résultats principaux

- Amélioration de la structure du modèle SMASH (module neige, routage)
- Performances satisfaisantes sur bassins jaugés avec MORDOR-SD et SMASH V2
- Des outils beaucoup plus riches que les méthodes classiques de pré-détermination (fournissent hydrogrammes),
- Une première méthode de régionalisation
- Sous-estimation des quantiles :
  - Impact probable des précipitations,
  - Impact de la régionalisation



## Limites, perspectives

- Apport de COMEPHORE sur les Alpes de Nord mais problème d'homogénéité (incorporation progressive des données radars dans les dernières années)
- Régionalisations à améliorer, notamment pour SMASH en s'appuyant sur le calage distribué sous contraintes physiographiques



# Action 5: Analyser les concomitances de crues

*IGE: Loic Orillard (IR), Mathieu Dode (stagiaire M2), supervision Juliette Blanchet*

Quelle coordination des crues torrentielles sur les BV de l'Isère et du Drac ?

Figure : BV de l'Isère et du Drac et maillage en sous-BV issu de MORDOR-TS

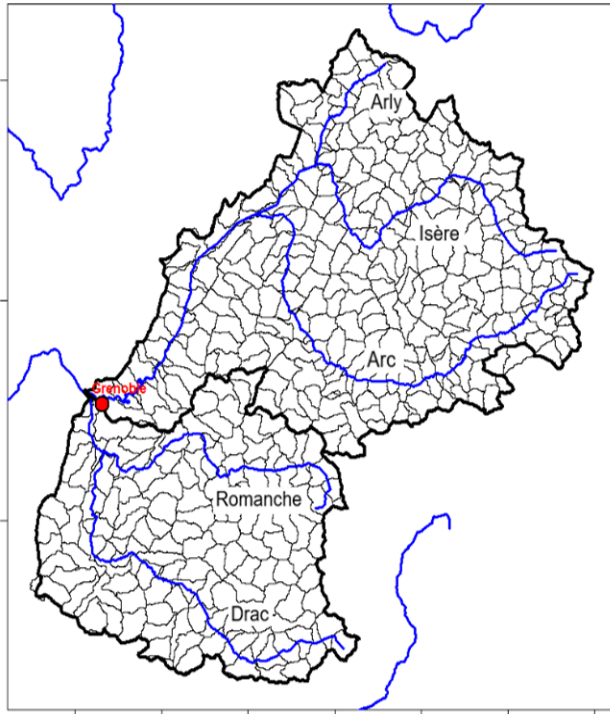
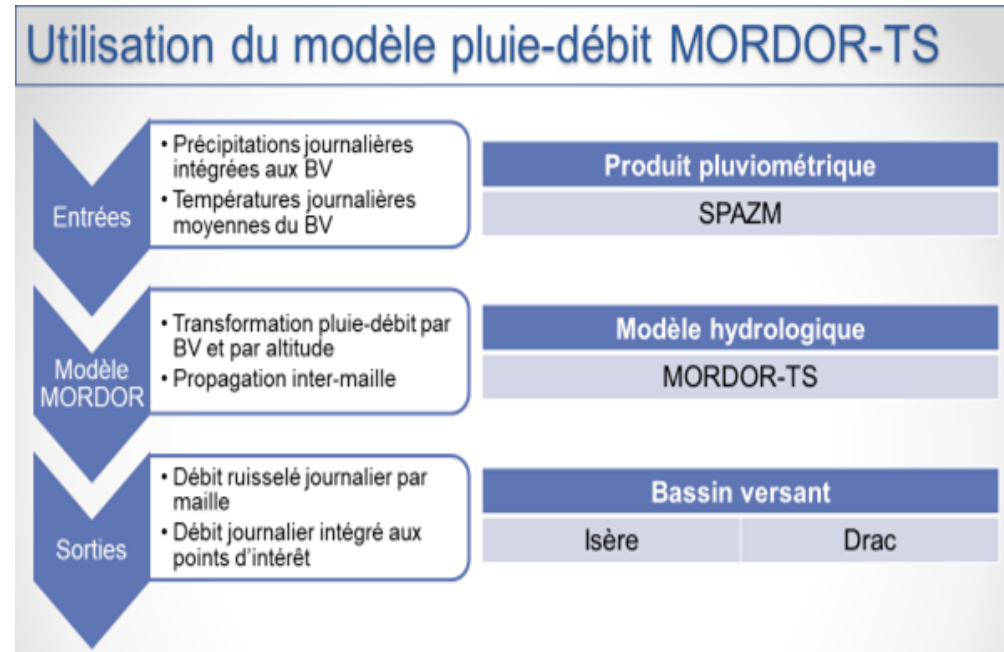


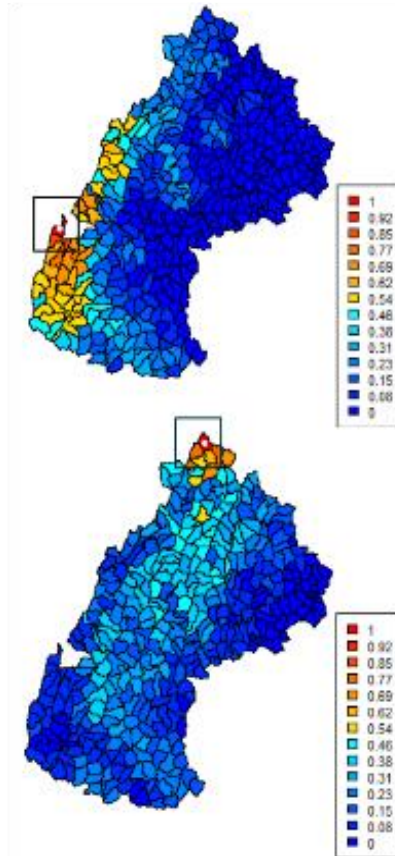
Figure : Principe du modèle pluie-débit totalement spatialisé MORDOR-TS (Rouhier et al. 2017)



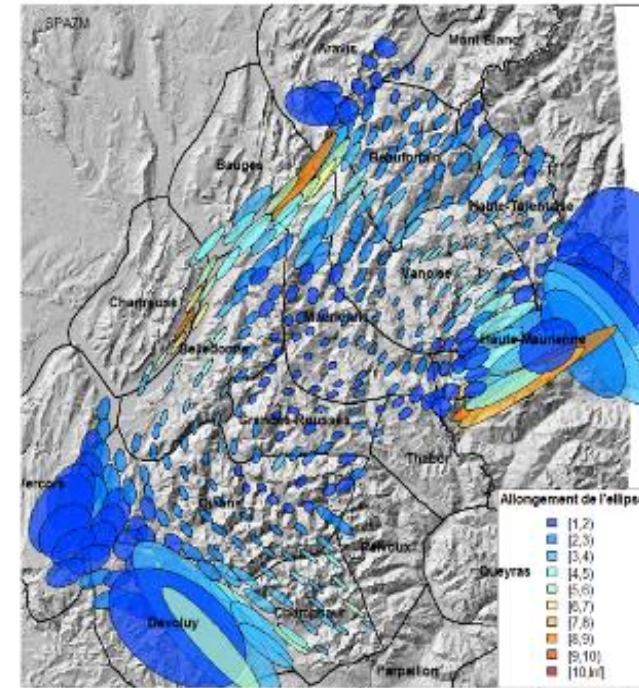
Période : 1998-2017

# Concomitances de crues

Carte des probabilités conditionnelles de débit ruisselé:  
 Probabilité qu'un BV(i) dépasse son quantile 99 sachant que le BV0 dépasse le sien.



« Zones d'influence » : zone où il y a plus de 95 % de chance d'avoir un débit ruisselé extrême ( $>q_{99}$ ) lorsque le débit ruisselé au centre de l'ellipse est extrême

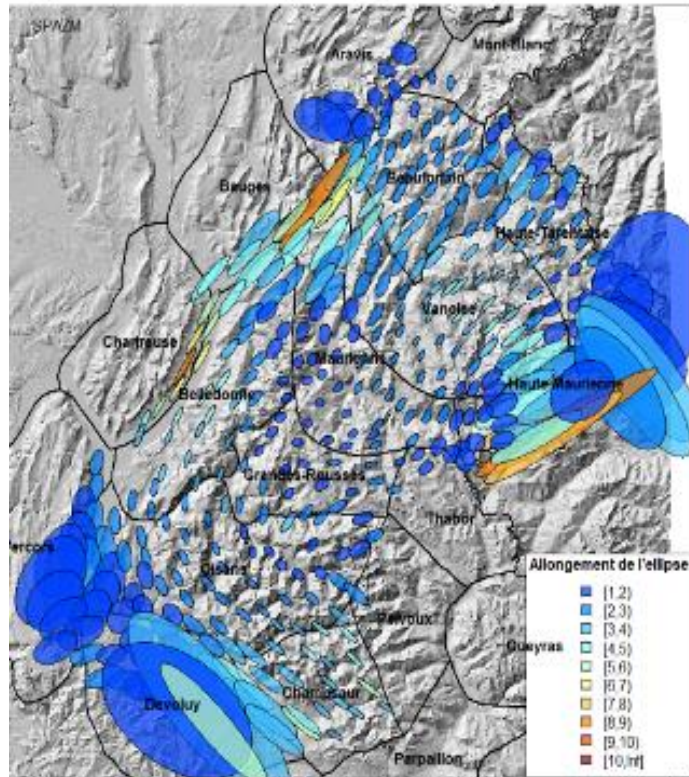


=> Lien avec le relief :

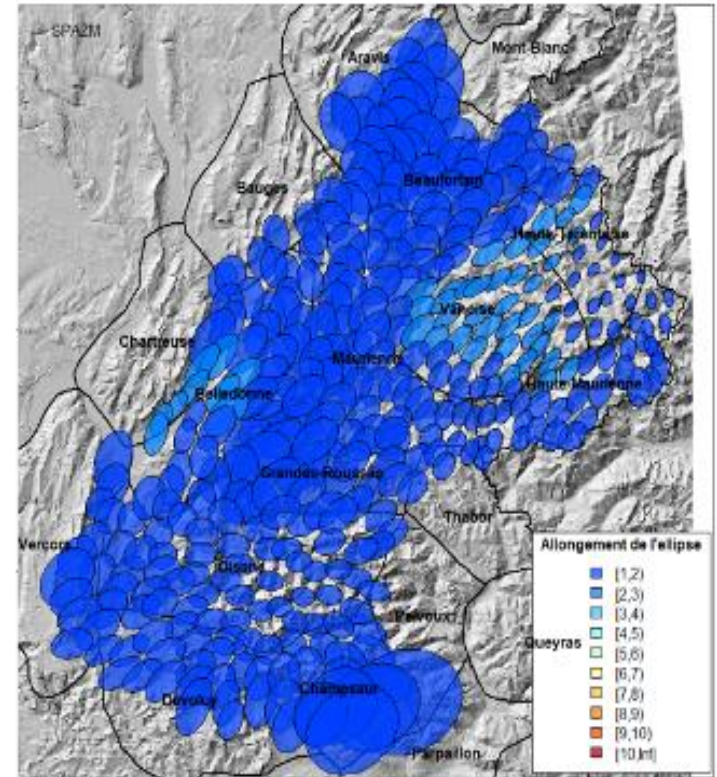
- Concomitance orientée le long des plus grandes vallées (Chartreuse, Bauges, Devoluy, Haute Maurienne)
- Plus fortes concomitances sur les massifs externes (Bauges, Chartreuse, Vercors, Devoluy, Haute Maurienne, Haute Tarentaise)

# Concomitances de précipitations versus concomitances de crues

Zone d'influence des débits ruisselés



Zone d'influence des précipitations



=> concomitance en précipitation extrême plus isotrope, moins variable et souvent plus importante qu'en débit ruisselé  
Attention ! On ne regarde pas les mêmes dates (moins de 30 % de dates en commun)