

Séminaire de restitution MUFFINS  
9 juin 2026  
CEREMA Aix-en-Provence

# Modélisation hydrologique nationale régionalisée : Vigicrues Flash, CHOPIN et SMASH

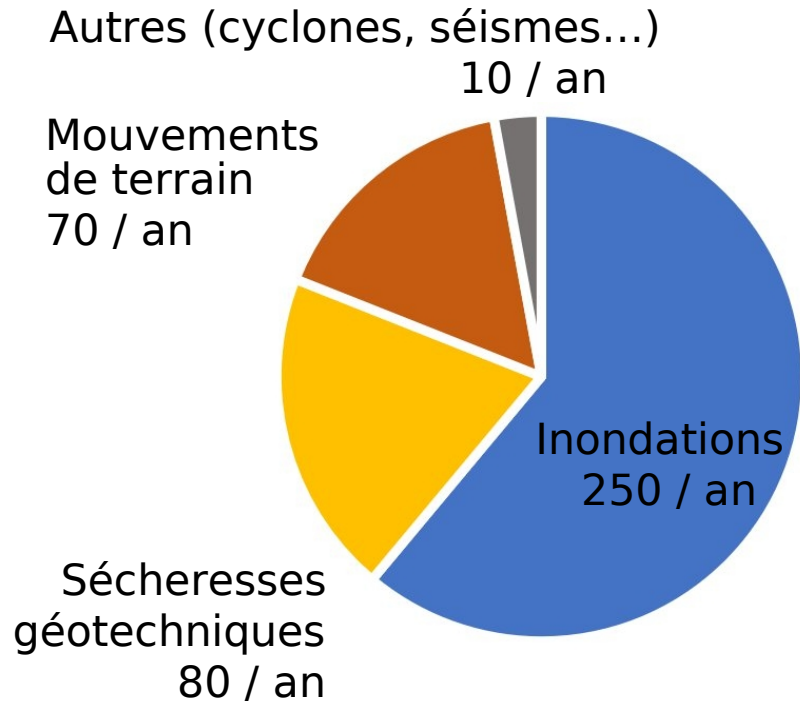
Pierre JAVELLE  
Ingénieur-chercheur à INRAE, Recover, Aix-Marseille Université



# MUFFINS

“MULTIscale Flood Forecasting with INnovating Solutions”, 2022-2026, projet  agence nationale de la recherche

# > Les inondations en France



Nb moyen de reconnaissances CatNat, sur 1982-2023 (source: Gaspar)

**600 millions d'euros / an de dégâts assurés**

Et à l'horizon 2050 :

+20% avec le changement climatique

+40% avec le changement climatique ET l'évolution des enjeux assurés

\* Selon le scénario RCP 4.5 (source: Caisse Centrale de Réassurance)



Alpes Maritimes  
oct. 2015  
470 M€,  
20 victimes



Aude,  
oct. 2018  
220 M€,  
14 victimes



Valence (Esp.),  
oct. 2024  
22 Mrd€,  
229 victimes



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (MULTIscale Flood Forecasting with INNovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS



Diapositive librement inspirée de la présentation de thèse de Juliette Godet

# › La vigilance « crues » ‹



**RÉPUBLIQUE FRANÇAISE**  
*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



**VIGICRUES**

**Vigicrues.gouv.fr**  
Le service d'information sur le risque de crues des principaux cours d'eau en France

Accéder au bulletin d'information national publié le 12.02.2026 à 21h59 HL

Production de l'information au moins deux fois par jour, à 10h et 16h.

Cliquez sur une zone de la carte pour afficher les informations locales

**Légende**

- Rouge : Risque de crue majeure
- Orange : Risque de crue génératrice de débordements importants
- Jaune : Risque de crue génératrice de débordements
- Vert : Pas de vigilance particulière requise



Géré par le service central Vigicrues (SCV) et les services de prévision (réseau Vigicrues)

Informe d'un risque de crues pour les 24, voire 48 prochaines heures.

**S'applique sur 23 000 km de tronçons de rivières, tous « instrumentés » (cad avec des mesures de hauteurs et débits en temps réel)**

<https://www.vigicrues.gouv.fr/>



# > Le service « Vigicrues flash »

Accéder au bulletin d'information national publié le 12.02.2026 à 21h59 HL

Production de l'information au moins deux fois par jour, à 10h et 16h.

Cliquez sur une zone de la carte pour afficher les informations locales



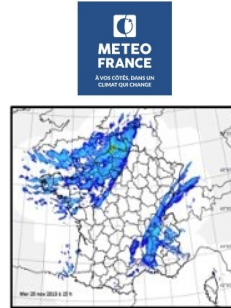
Vigicrues.gouv.fr

Le service d'information sur le risque de crues des principaux cours d'eau en France

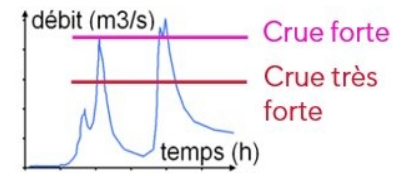
**VIGICRUES FLASH**  
Service automatique d'information sur le risque de crue soudaine

<https://www.vigicrues.gouv.fr/>  
INRAE

Pluies radar (PANTHERE)



Modèle Hydrologique  
INRAE

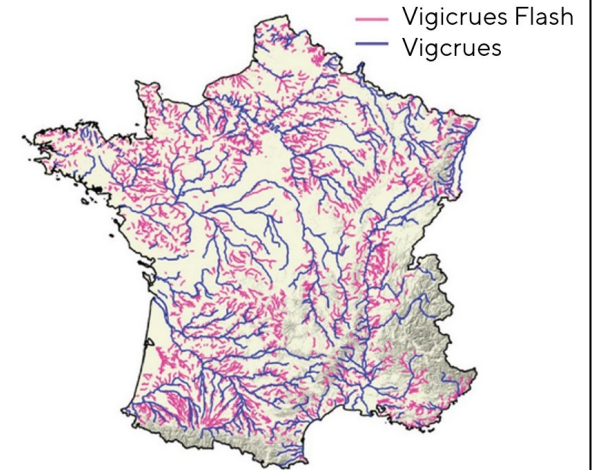


Avertissement (plateforme APIC/VF)



**Petits cours d'eau non suivis par la vigilance crues**

11400 communes et 34000km de cours d'eau.



Mais, contrairement à la Vigilance « crues » :  
Ne prend pas en compte les enjeux  
Très peu d'anticipation temporelle

# > Vigicrues 2030



**VIGICRUES**

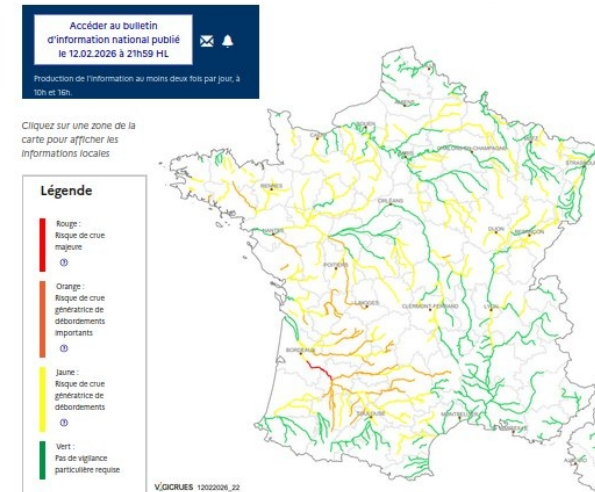
## 1<sup>er</sup> objectif

→ Élargir la couverture du territoire par la vigilance crues à toutes les rivières pour couvrir l'intégralité des populations en zones inondables

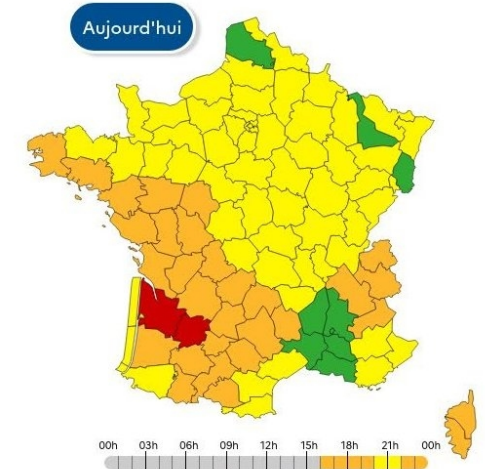
## 2<sup>ème</sup> objectif

→ Simplifier les dispositifs de vigilance crues et vigilance pluie-inondation

→ Accroître via lisibilité du service en intégrant les phénomènes d'inondation dans une seule vigilance



- Vent violent
- Orages
- Vagues-submersion
- Crues
- Pluie-inondation
- Grand froid
- Canicule
- Avalanches
- Neige-verglas



**INRAE**

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

**MUFFINS**



# > Vigicrues 2030



VIGICRUES

**1<sup>er</sup> objectif**

→ **Élargir la couverture du territoire par la vigilance crues à toutes les rivières pour couvrir l'intégralité des populations en zones inondables**

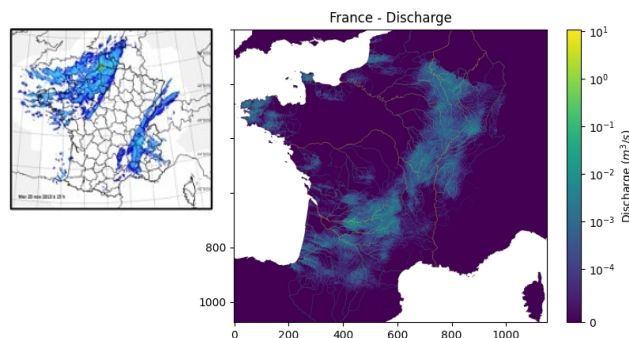
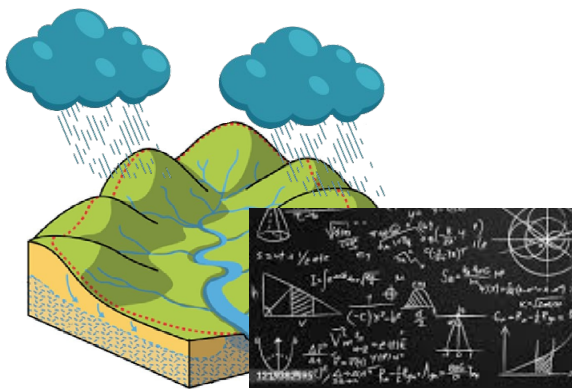
Accéder au bulletin d'information national publié le 12.02.2026 à 21h59 HL

Production de l'information au moins deux fois par jour, à 10h et 15h.

Cliquez sur une zone de la carte pour afficher les informations locales

**Légende**

- █ Rouge : Risque de crue majeure
- █ Orange : Risque de crue génératrice de débordements importants
- █ Jaune : Risque de crue génératrice de débordements
- █ Vert : Pas de vigilance particulière requise



Modéliser des processus complexes

...sur un grand domaine...

et à toutes les échelles !

## Questions de recherche traitées dans MUFFINS

INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

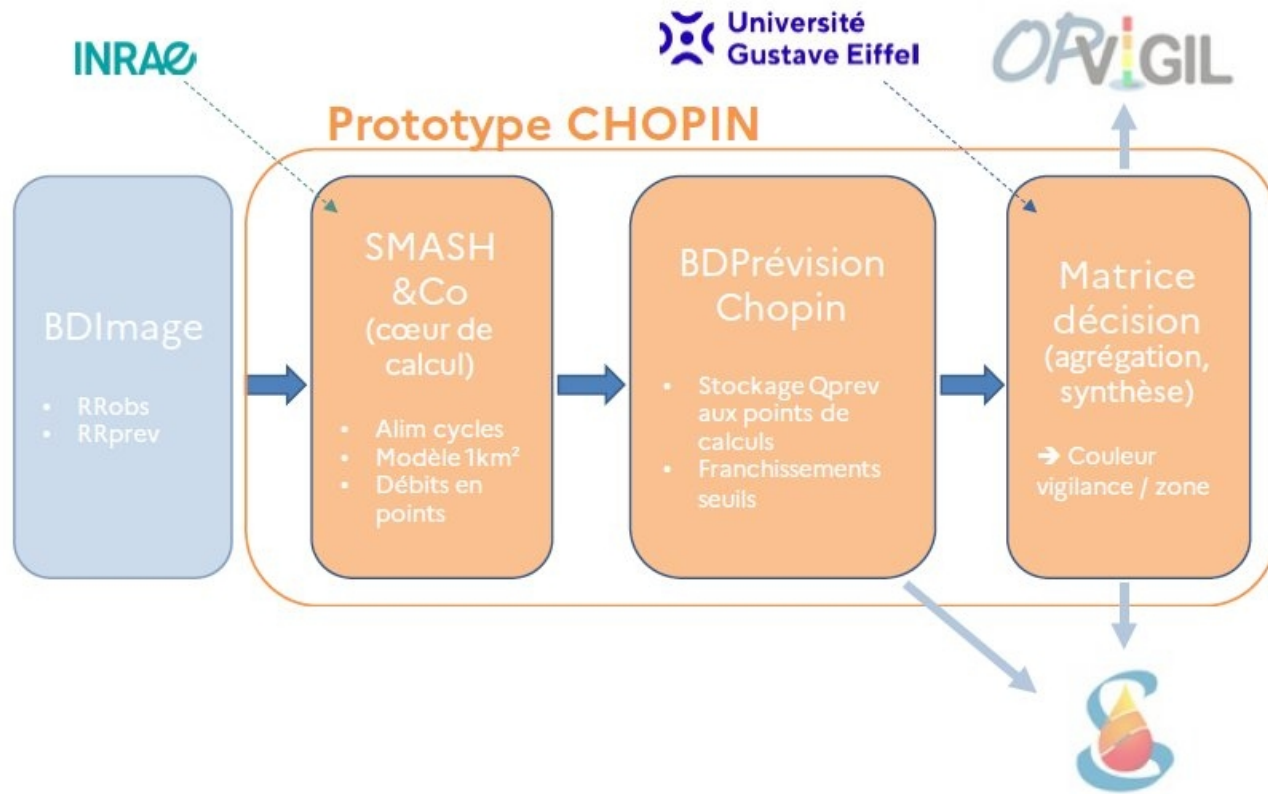
09/06/2026

**MUFFINS**

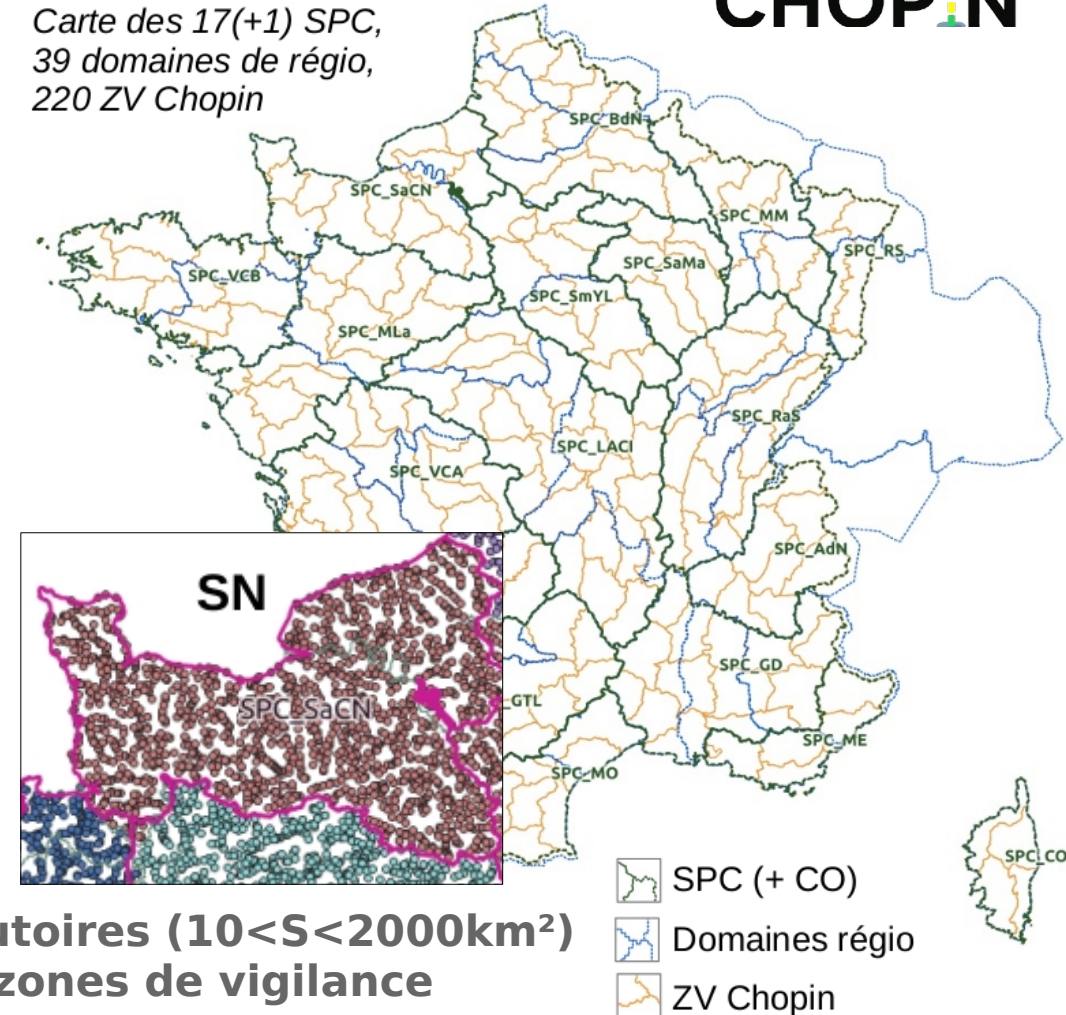


# > La chaîne opérationnelle CHOPIN

## Chaîne Hydrologique Opérationnelle pour la Prédiction des Inondations au niveau National

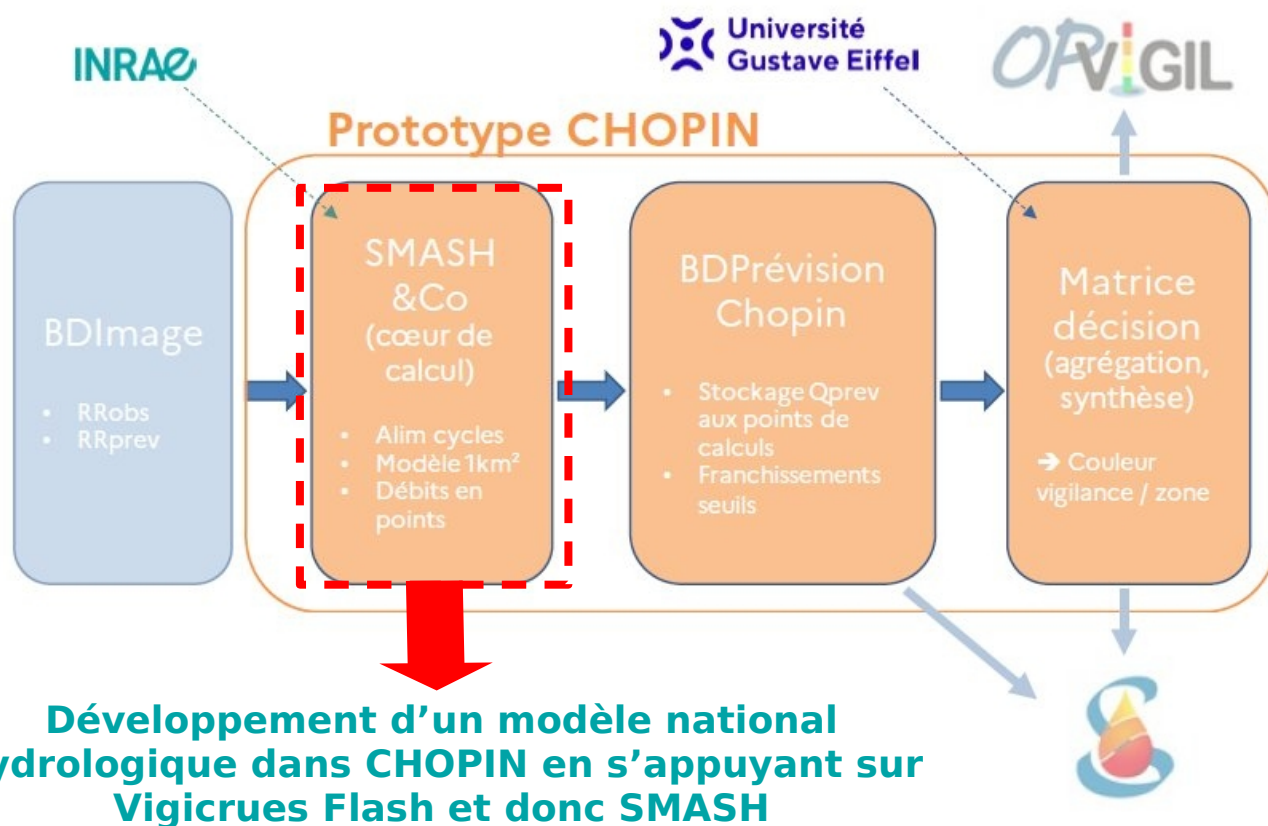


Carte des 17(+1) SPC,  
39 domaines de région,  
220 ZV Chopin



# > La chaîne opérationnelle CHOPIN

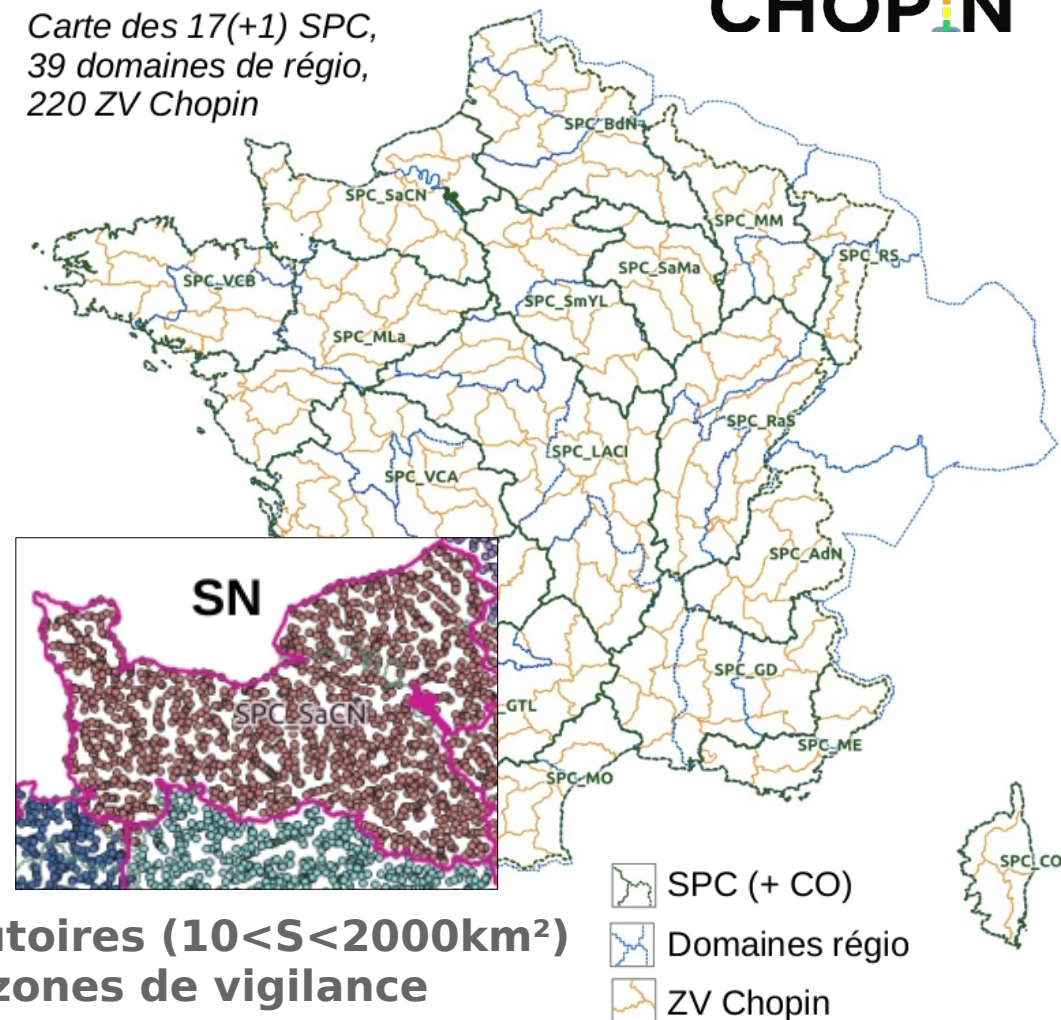
## Chaîne Hydrologique Opérationnelle pour la Prédiction des Inondations au niveau National



**Développement d'un modèle national hydrologique dans CHOPIN en s'appuyant sur Vigicrues Flash et donc SMASH**

**Travail réalisé dans le cadre de la convention avec le SCV en collaboration avec HYDRIS (Julie Demargne)**

Carte des 17(+1) SPC, 39 domaines de régio, 220 ZV Chopin



# > SMASH : une plateforme pour la modélisation hydrologique distribuée



Génération de débits élémentaires

Routage de l'amont vers l'aval

Calage des paramètres



Prix du logiciel libre de recherche du MESR

```

smash.Model
smash.Model.adjust
smash.Model.adjust_interpolation
smash.Model.bootstrap
r.optimize
smash.Model.copy
smash.Model.forward
r.run
smash.Model.get_mn
smash.Model.get_mn_parameters_bias
smash.Model.get_mn_parameters_energy
smash.Model.get_mn_final_states
smash.Model.get_mn_initial_states
smash.Model.get_mn_initial_states_bounded
smash.Model.get_mn_initial_states_unbounded

Examples
from smash.Factories import load_dataset
setup = load_dataset('casca')

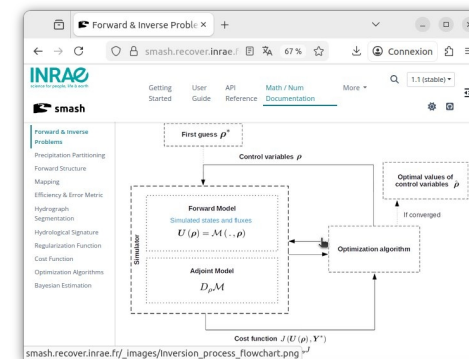
Setup and mesh dictionaries loaded from casca dataset

setup = {
    'hydrological_module': 'gr4',
    'routing_module': '1d',
    'pct': 'SABR',
    'descriptor_name': ['slope', 'ldf']
}

mesh_keys = {
    'active_cell': 'area', 'area_din', ..., 'year'
}

Constructing the Model object

model = smash.Model(setup, mesh)
<>> Reading precipitation: path: /home/.../1448/1448 [08:00:00-00, 1448]
<>> Reading precipitation: path: /home/.../1448/1448 [08:00:00-00, 1448]
<>> Reading daily streamflow: path: /home/.../1448/1448 [08:00:00-00, 1448]
<>> Disaggregating daily streamflow: path: /home/.../1448/1448 [08:00:00-00, 1448]
<>> Computing mesh: /home/.../1448/1448 [08:00:00-00, 1448]
    
```



<https://smash.recover.inrae.fr/>

Modulaire, ouverte et documentée



INRAE

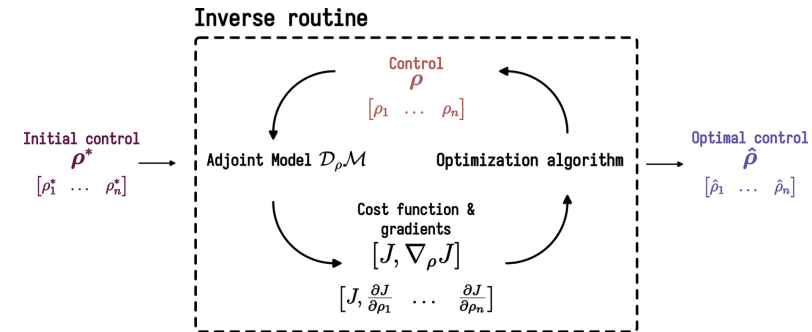
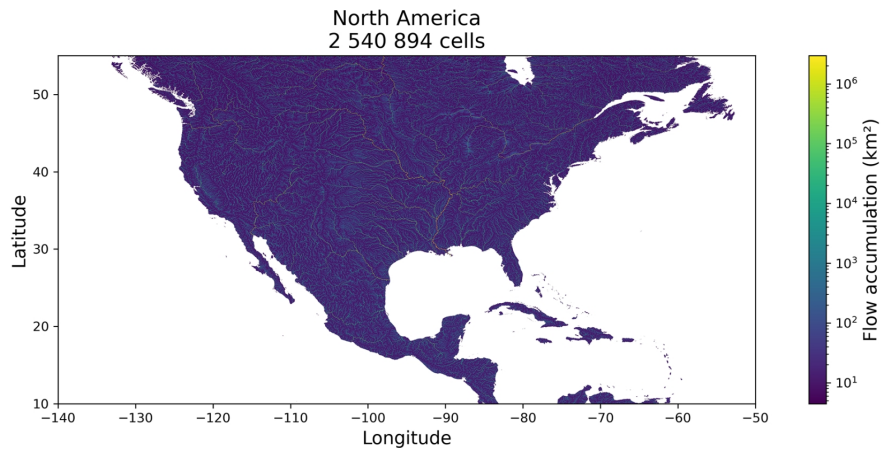
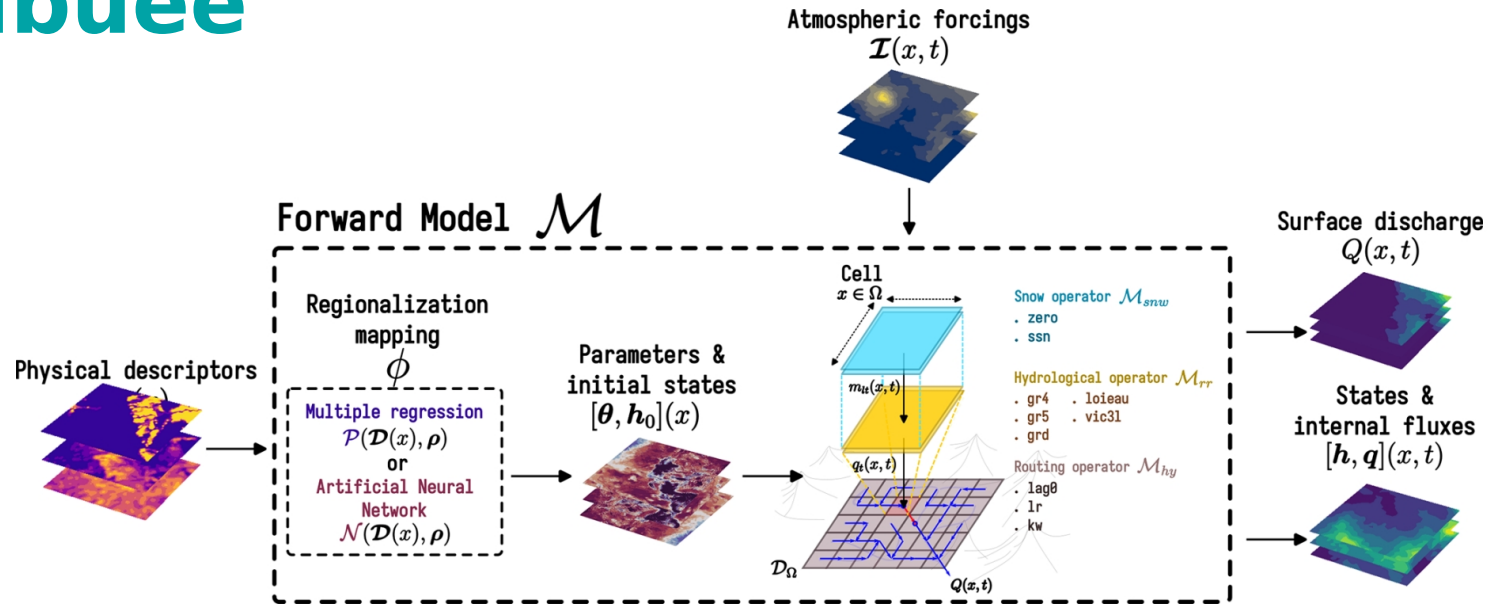
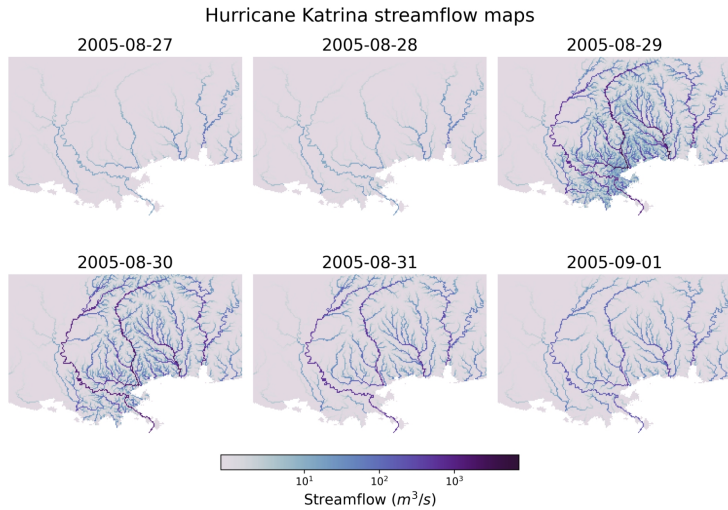
Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS



# > SMASH : une plateforme pour la modélisation hydrologique distribuée



Colléoni et al,  
GMD, 2025

## Grands domaines, petites échelles

INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS

Cerema

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

INRAE

Aix-Marseille Université

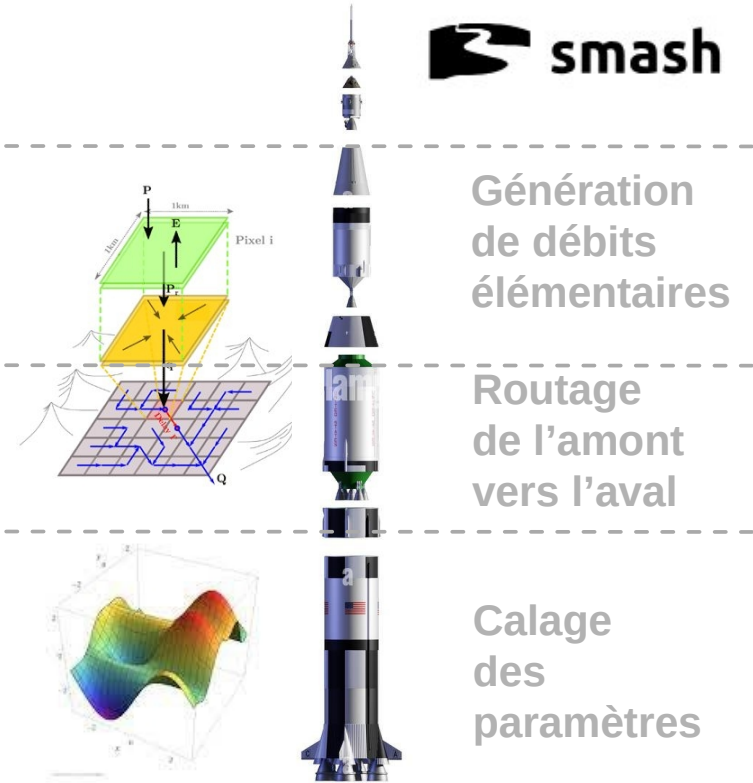
Inria

Université Gustave Eiffel

METEO FRANCE

MINISTRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

# > Modélisation mise en oeuvre à l'échelle nationale pour CHOPIN



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (MULTIscale Flood Forecasting with INNovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS



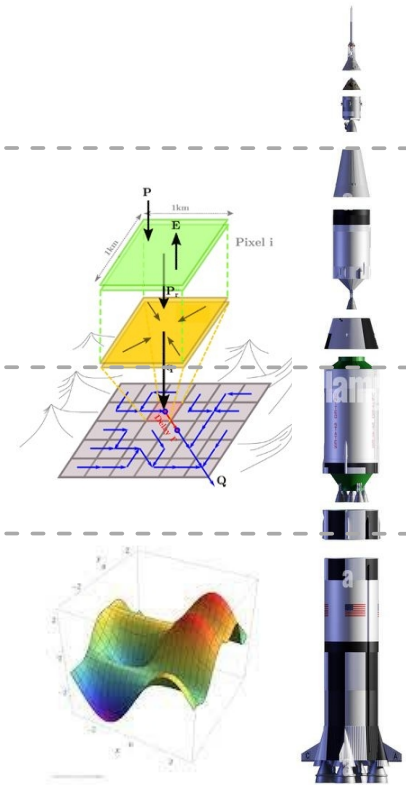
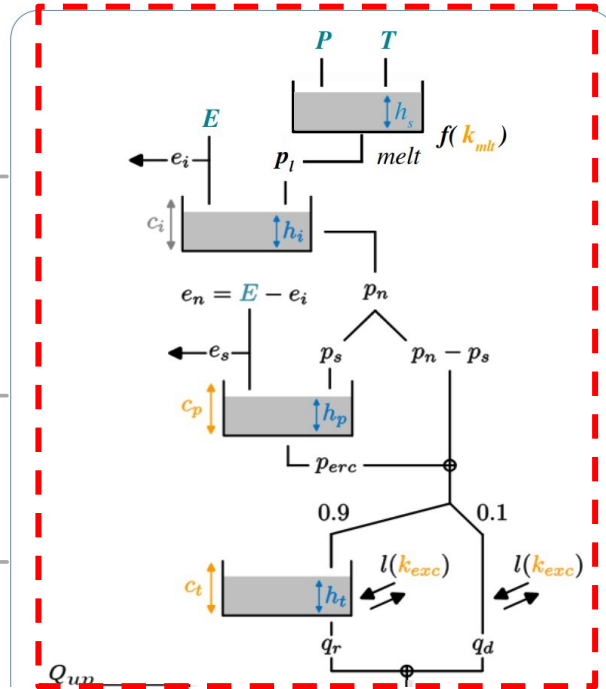
# Modélisation mise en oeuvre à l'échelle nationale pour CHOPIN



Génération de débits élémentaires

Routage de l'amont vers l'aval

Calage des paramètres



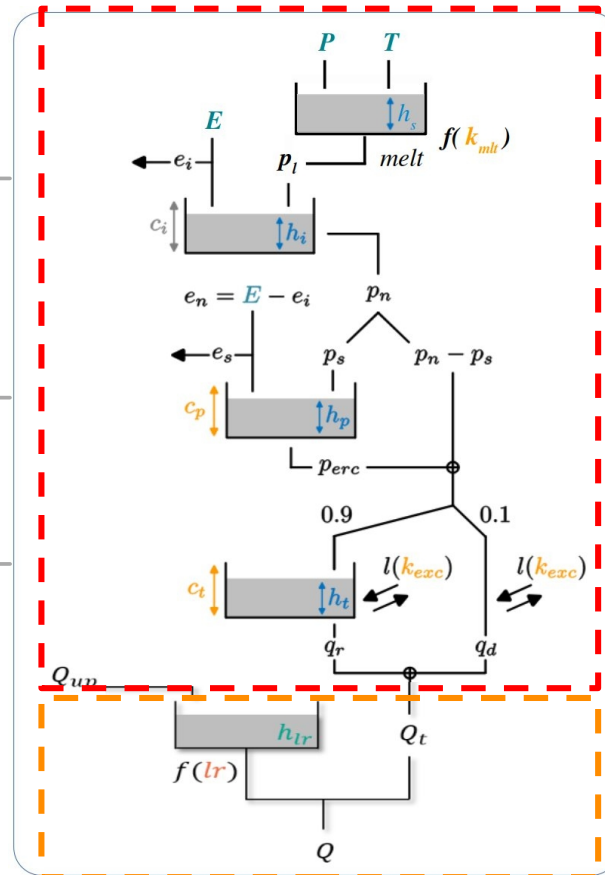
# Modélisation mise en oeuvre à l'échelle nationale pour CHOPIN



Génération de débits élémentaires

Routage de l'amont vers l'aval

Calage des paramètres



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS



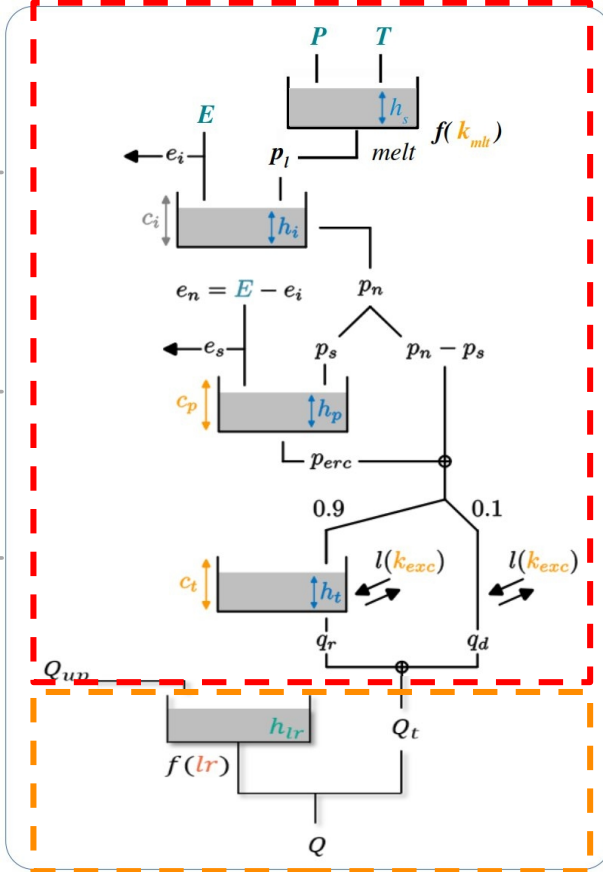
# > Modélisation mise en oeuvre à l'échelle nationale pour CHOPIN



Génération de débits élémentaires

Routage de l'amont vers l'aval

Calage des paramètres

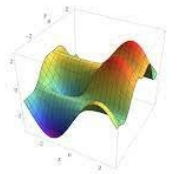
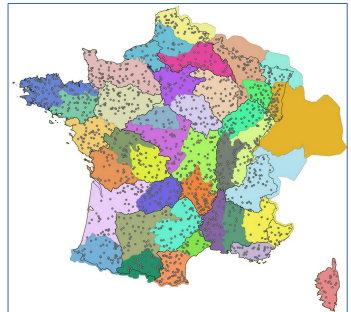
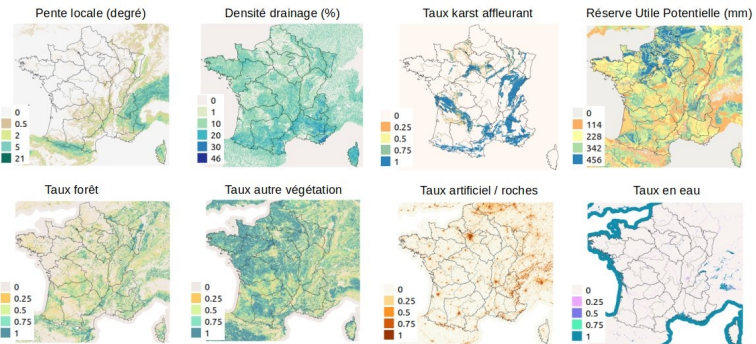


## Données de forçage

- nouvelle Comephore désagrégée à 15min ( Antilope TR15,TD15 ou PANTR)
- ETP interannuelle (formule de Oudin + température SAFRAN)
- température SAFRAN puis Aprofus (après 21/04/2015), désag. Uni. à 15min)

1379 stations regroupées en 39 zones

8 descripteurs physiographiques



Param\_hydro : simple combinaison linéaire des Descr\_physio optimisée sur chacune des 39 zones (NSE\_moy)



Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

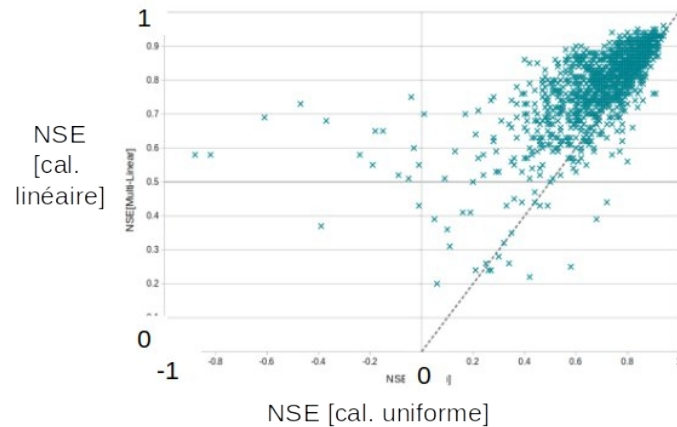
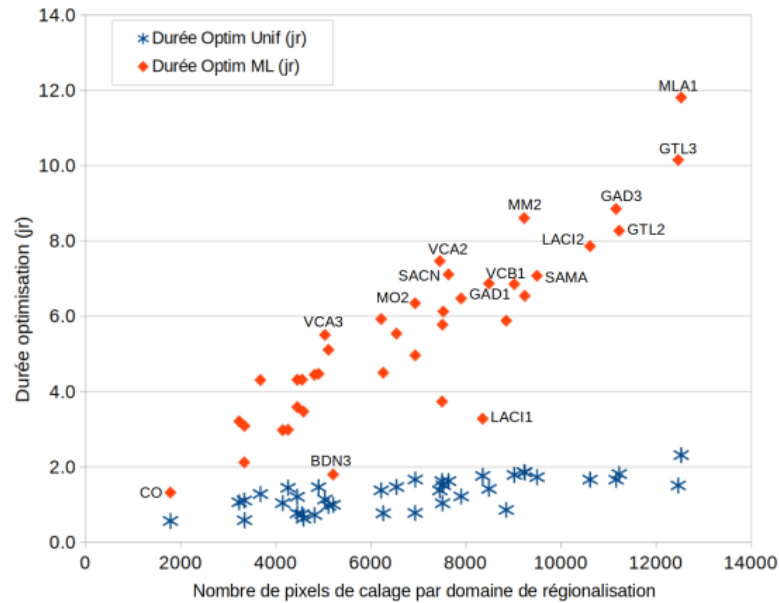
09/06/2026



# > Résultats

Julie DEMARGNE

Calage 15mn, uniforme puis linéaire sur 10 ans de données sur stations avec  $NSE_{local} > 0.7$



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

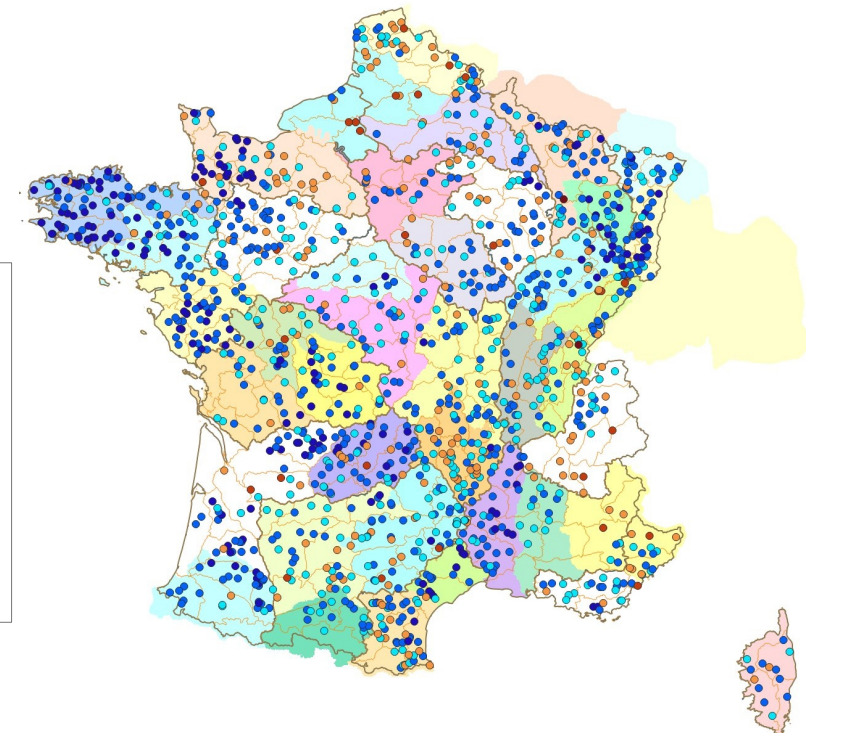
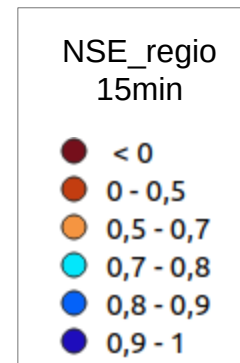
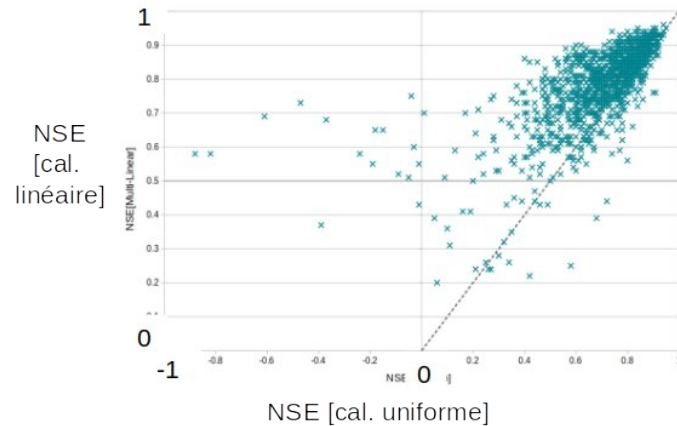
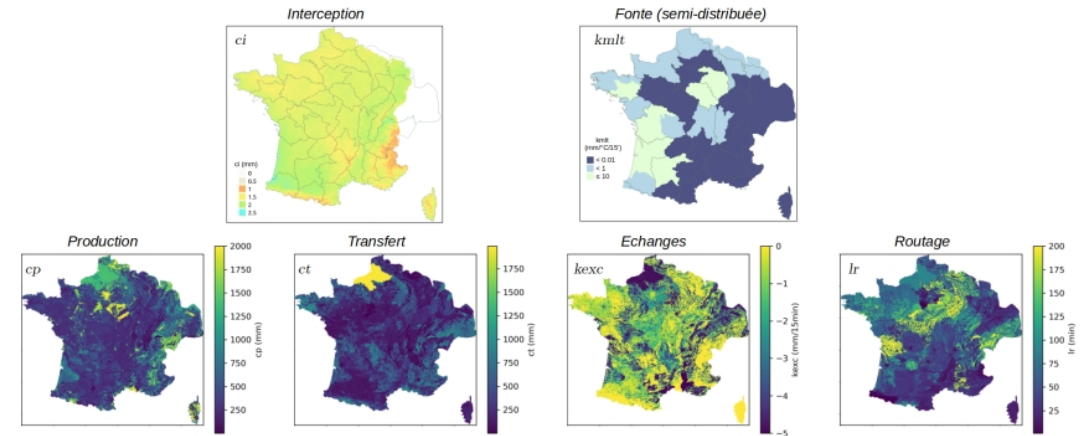
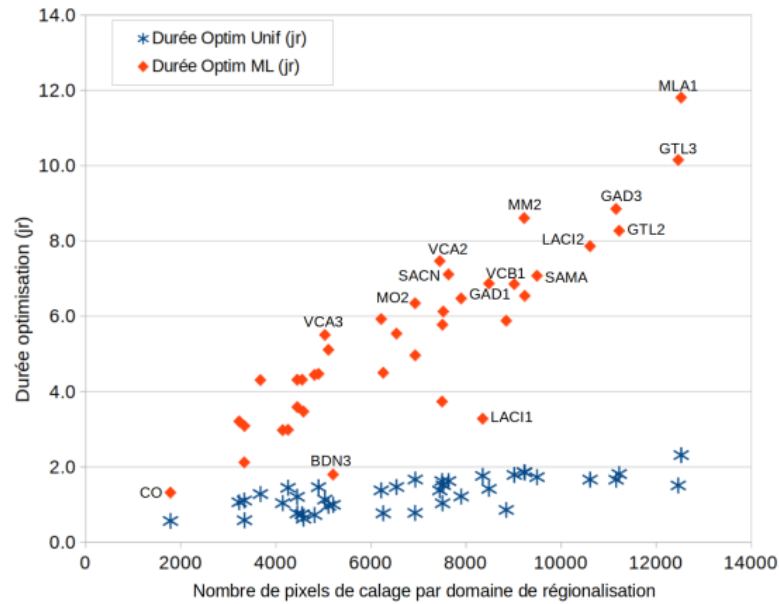
MUFFINS



# > Résultats

Julie DEMARGNE

Calage 15mn, uniforme puis linéaire sur 10 ans de données sur stations avec  $NSE_{local} > 0.7$



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

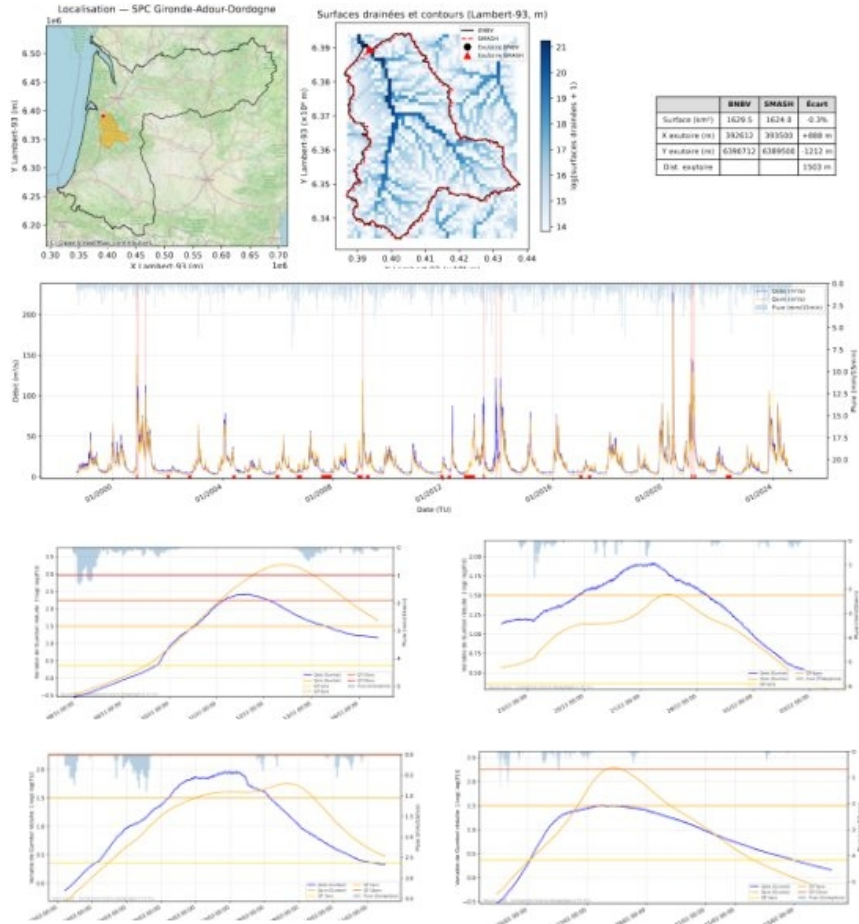
09/06/2026

MUFFINS



# ➤ Rejeu sur 26 ans aux ~ 40 000 exutoires CHOPIN et analyse des dépassements aux stations

Lucas CRIBAILLET



La Grande Leyre à Salles S2242510

INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS

Cerema

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

INRAE

Aix-Marseille Université

Inria

Université Gustave Eiffel

METEO FRANCE

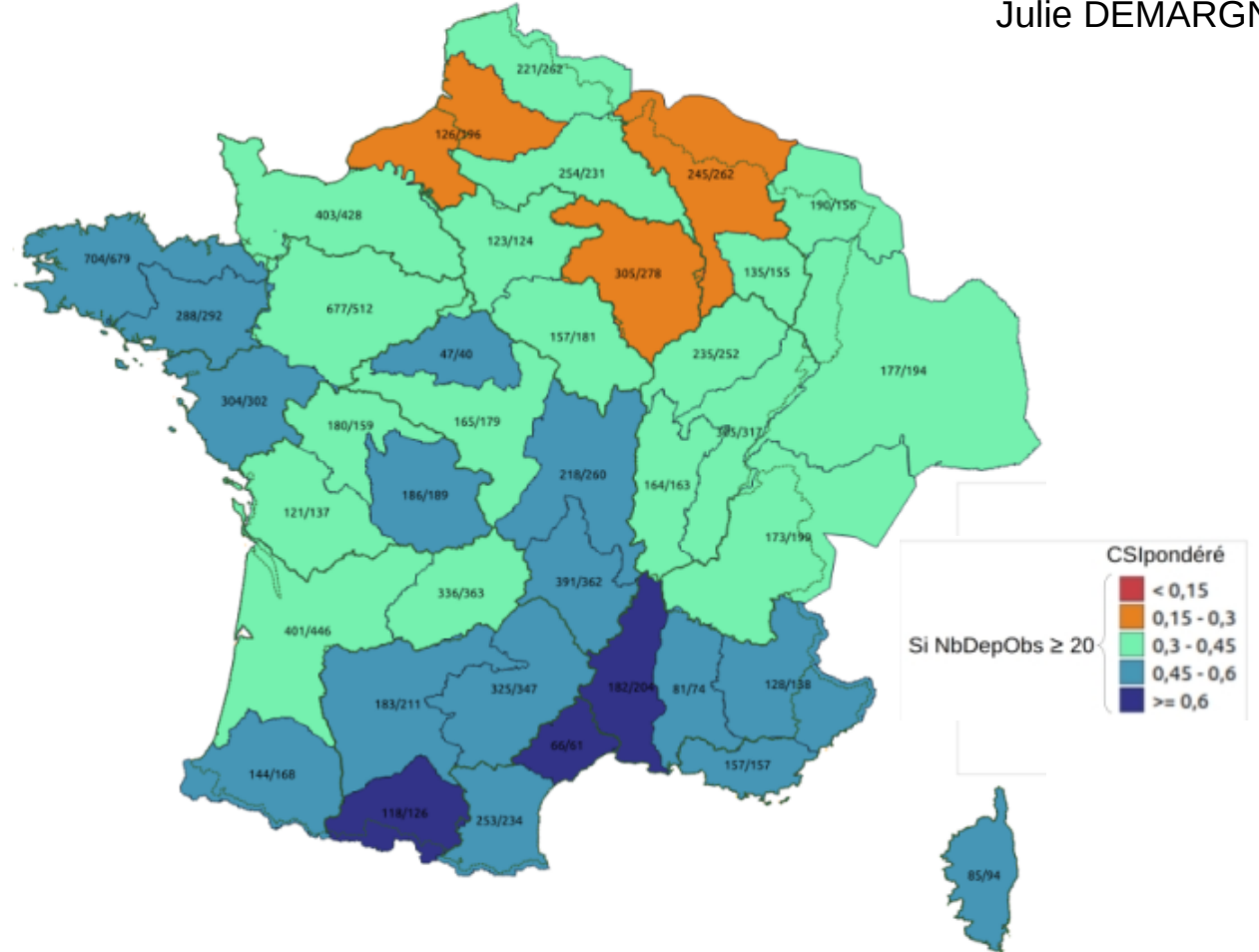
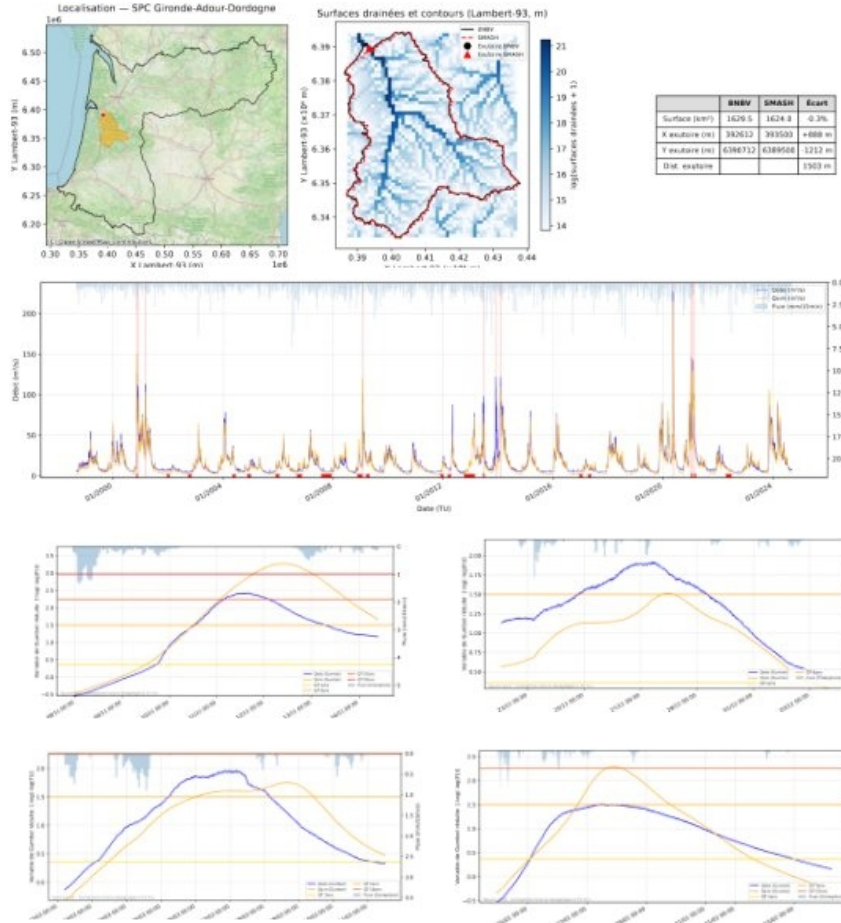
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

# > Rejeu sur 26 ans aux ~ 40 000 exutoires CHOPIN et analyse des dépassements aux stations

Score de CSIpondéré pour les bassins de calage

Lucas CRIBAILLET

Julie DEMARGNE



La Grande Leyre à Salles S2242510

Score de contingences par zone de régionalisation, pour le dépassement de la crue de période de retour 5 ans, ainsi que le nb de dép. obs. / nb de dép sim.

INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS

Cerema

CCRE

CCRE

CCRE

CCRE

INRAE

Aix-Marseille Université

Univ. de la Méditerranée

Université Gustave Eiffel

METEO FRANCE

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

ET DU PAYSAN

# > Conclusions

Un premier calage d'un modèle hydrologique national distribué a été réalisé à 15mn – 1km grâce à SMASH développé dans le cadre de MUFFINS.

Ce modèle sera utilisé par le Service Central Vigicrues en temps réel dans le cadre du Projet « Vigicrues 2030 » visant à élargir la vigilance « crues » à « toutes les rivières ».

A terme, cette approche pourra être enrichie et améliorée au fur et à mesure :

- descendre jusqu'à l'échelle du ruissellement,
- intégrer l'IA pour améliorer les performances,
- prendre en compte les enjeux...



INRAE

Restitution projet ANR MUFFINS (Multiscale Flood Forecasting with INnovating Solutions)

09/06/2026

MUFFINS

