



PRÉFET DE LA RÉGION RÉUNION

*Liberté
Égalité
Fraternité*

VIGICRUES RÉUNION



**PRÉFET
DE LA RÉGION
RÉUNION**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



CVH RÉUNION

Présentation de l'outil SMASH appliqué à La Réunion
Comité Technique Risques du Mardi 21 juin 2022

1. Problématique générale de la prévision des crues et stratégie mise en place

- a. Activité actuelle de surveillance des crues à La Réunion
- b. Rappel sur la modélisation hydrologique
- c. Stratégie mise en place : BV surveillés et non surveillés

2. Développement de l'outil SMASH et CartoSMASH pour La Réunion

- a. Principe de fonctionnement en pratique
- b. Le modèle SMASH et la méthode AIGA (INRAE) pour le réseau non surveillé
- c. Travaux réalisés sur SMASH depuis 2020 pour La Réunion
- d. Détails sur le calage régional – choix méthodologiques
- e. Résultats de la calibration : grille de paramètres
- f. Outil de visualisation : Carto_SMASH

3. Exemples de résultats

- a. Épisode de fortes pluies du 15 janvier 2022
- b. Cyclone BATSIRAI du 2 au 4 février 2022
- c. Épisode de fortes pluies du 1^{er} au 3 avril 2022

4. Développements à venir

1. Problématique générale de la prévision des crues et stratégie mise en place

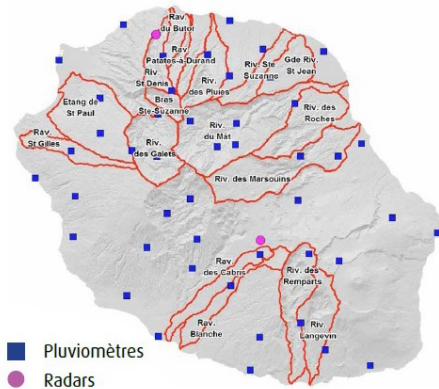
1. Problématique générale et stratégie mise en place

a. Activité actuelle de surveillance des crues à La Réunion

1 - Réseau Pluviométrique

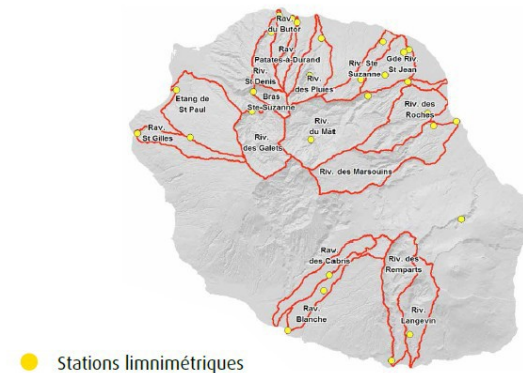
Le réseau pluviométrique en place, constitué de 47 pluviomètres et deux radars météorologiques, est géré par les services de Météo-France.

Il permet d'obtenir de bonnes estimations des pluies sur la quasi totalité de l'île (maille d'1 km²). Ces données sont mises à disposition de la Cellule de Veille Hydrologique (CVH).



2 - Réseau Hydrométrique

La Cellule de Veille Hydrologique dispose d'une trentaine de stations hydrométriques dont une dizaine en partenariat avec l'Office de l'Eau, réparties sur 17 bassins versants à enjeux. Ces stations hydrométriques automatiques mesurent, enregistrent et transmettent régulièrement les données de hauteur d'eau de la rivière. Les valeurs de hauteur d'eau sont converties en débit via une courbe de tarage.



1. Problématique générale et stratégie mise en place

b. Rappel sur la modélisation hydrologique



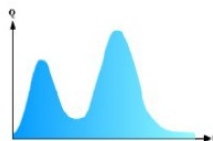
Variable d'entrée (forçages) la pluie



Variables d'état du bassin

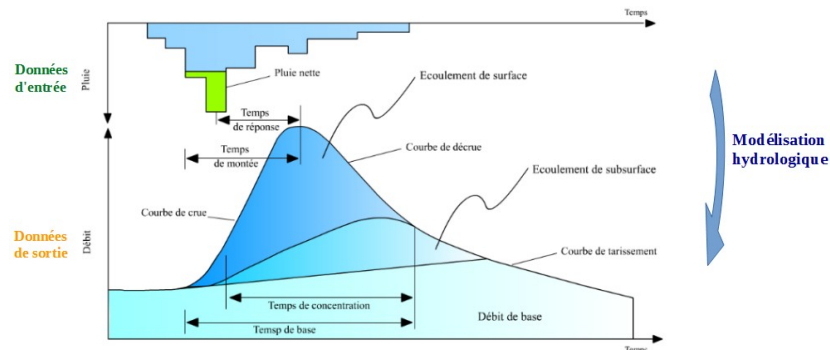
- humidité des sols
- pentes et relief
- occupations des sols
- nature du sol
- niveau des retenues
- ...

Variable de sortie le débit

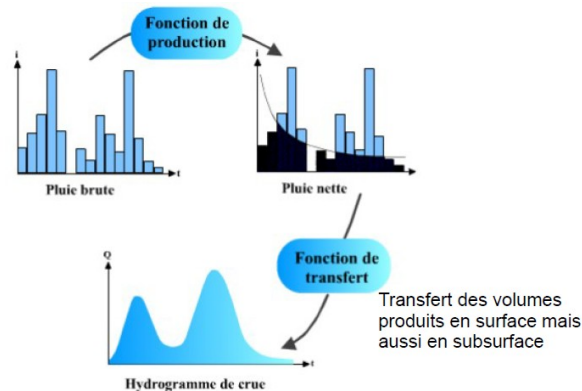


- Débit max
- Volume
- Hydrogramme

source : DGPR/SCHAPI



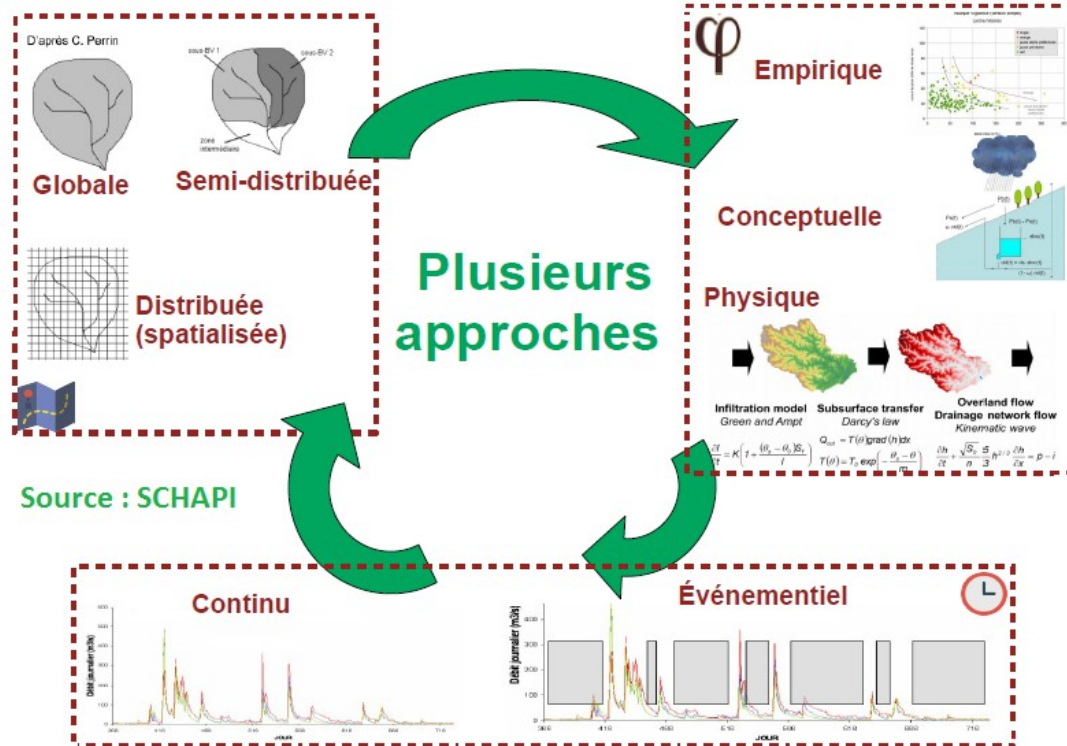
Hyétogramme et hydrogramme résultant d'un événement pluie-débit (Musy, 2003)



d'après <http://hydram.epfl.ch/e-drologie>

1. Problématique générale et stratégie mise en place

b. Rappel sur la modélisation hydrologique



1. Problématique générale et stratégie mise en place

c. Stratégie mise en place


BV surveillés

Approche double/triple modèle + abaques :

- ** Modèle Global, conceptuel, continu avec assimilation de données : **modèle GRP** sur 13 BV surveillés
→ Alimentation par lame d'eau prévue brute (Arome OI) et observée (Antilope) **Opérationnel**
- ** Modèle Distribué, à base +ou- physique et événementiel (sans assimilation de données) : fonctionnalités hydrologiques d'**HEC_RAS v6**
→ Alimentation par lame d'eau prévue brute (Arome OI) et observée (Antilope) **En cours de développement**
- ** **Abaques** Pluies/Vigilances/Débits : **En cours de finalisation**
→ Relations pluies/vigilances/débits
→ Estimation coeff de ruissellement global par BV

BV non surveillés

Approche modèles régionalisés + abaques :

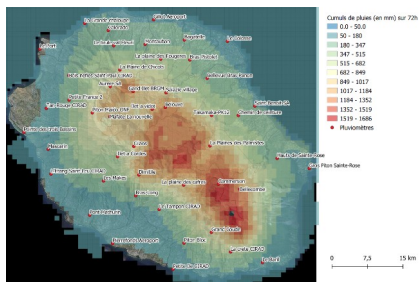
-  Modèle distribué, conceptuel, continu sans assimilation de données avec comparaison de quantiles de débits : **modèle SMASH** sur l'ensemble de l'île (hors enclos)
→ Alimentation par lame d'eau observée (Antilope) : **Anticipation** (type VigicruesFlash) **Opérationnel**
→ Alimentation par lame d'eau prévue brute (Arome) et observée (Antilope) : **Prévision**
- ** Modèle Distribué, à base +ou- physique et événementiel (sans assimilation de données) : fonctionnalités hydrologiques d'**HEC_RAS v6**
→ Régionalisation à partir des modèles développés pour les BV surveillés **Non débuté**
- ** **Abaques** Pluies/Vigilances/débits **estimées**
→ Analyse multi-critère des BV non surveillés vs. BV surveillés **Non débuté**

2. Développement de l’outil SMASH et CartoSMASH pour La Réunion

2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

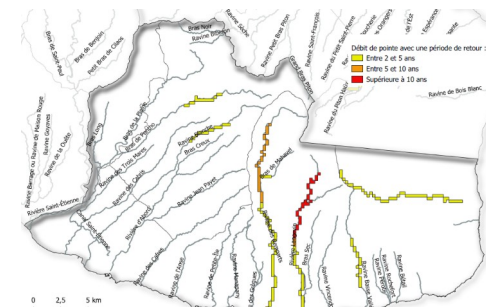
a. Principe de fonctionnement en pratique

Lame d'eau observée

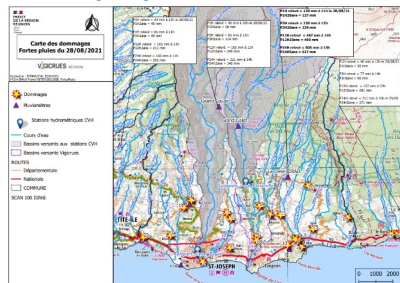
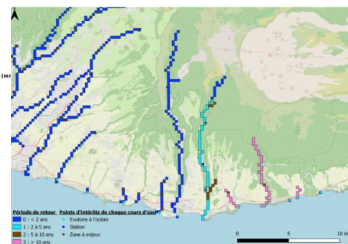
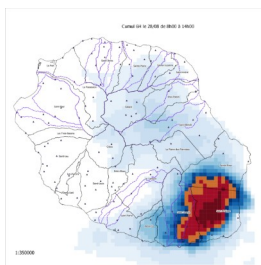


Modélisation SMASH
(runs toutes les 15 mins)

Sorties SMASH :
période de retour de débit pour tous
les pixels drainant au moins 8km²



Rejeu SMASH + Capitalisation des données sur les événements passés (base de données historique)



Comparaison des résultats temps-réel avec la base de données historique

2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

b. Le modèle SMASH et la méthode AIGA (INRAE) pour le réseau non surveillé

SMASH :

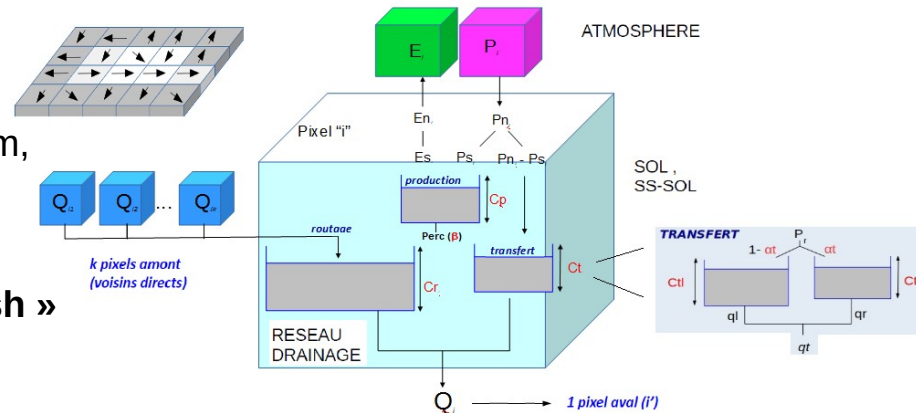
modèle distribué (maille 250 m), conceptuel sans assimilation de données

Quatre/cinq paramètres à calibrer :

- C_p , la capacité du réservoir de production en mm,
- β , vidange du réservoir de production
- C_{tr} , la capacité du réservoir de transfert rapide en mm,
- α , repartition réservoir de transfert lent et rapide
- C_r , la capacité du réservoir de routage en mm

Modèle utilisé dans la méthode « AIGA/VigicruesFlash » pour le réseau non surveillé :

- utilisation en temps-réel,
- régionalisation des paramètres de calage,
- comparaison des débits en sortie du modèle avec des quantiles de débits estimés à partir du rejeu établi sur l'ensemble de l'historique disponible de la lame d'eau : approche relative

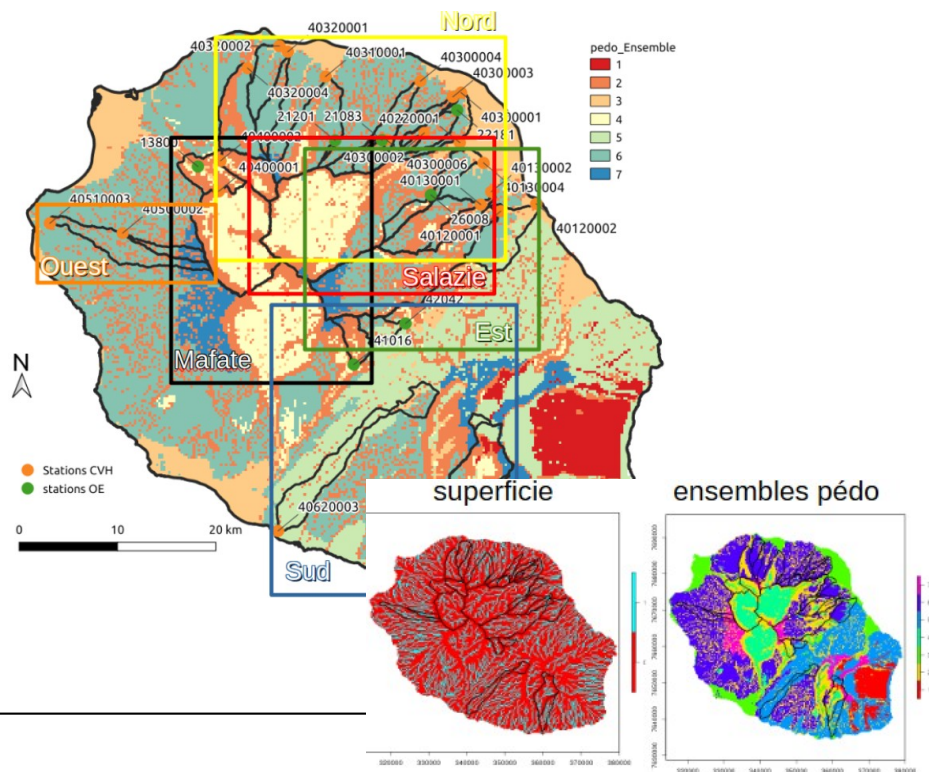


2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

c. Travaux réalisés sur SMASH depuis 2020 pour La Réunion

Travaux menés avec l'INRAE depuis 2020 :

- Calage local uniforme d'un modèle GR distribué sur chacun des bassins versants jaugés de la CVH (choix du modèle),
- Calage régional uniforme et non uniforme (par classe de descripteurs) d'un modèle GR distribué sur l'ensemble des sous-domaines retenus,
- Détermination des quantiles de référence pour les avertissements
- Mise en place d'une boucle opérationnelle au sein de la CVH
- Développement d'un outil de visualisation (CartoSMASH)



2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

d. Détails sur le calage régional – choix méthodologiques

x Choix des variantes

- ROUT-Ctl au Nord
- ROUT-Ctl-Perc au Sud et à l'Ouest

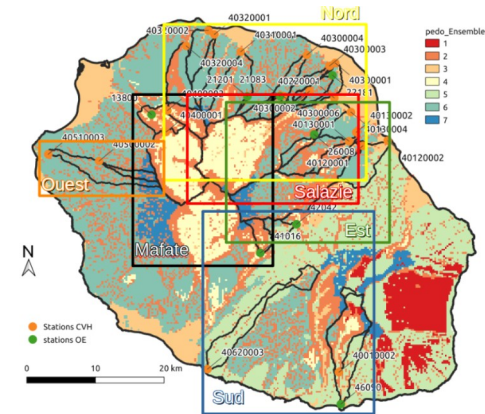
x Découpage du territoire en 6 régions sur des critères d'exposition et de pédologie pour des contraintes informatiques de ressources mémoire

x Paramètre Cr peu variable fixé :

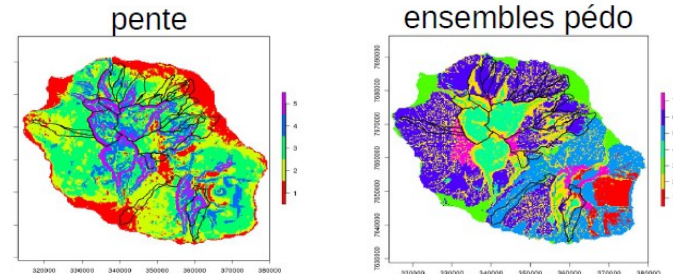
- valeur optimale locale au droit des bassins versants de calage,
- valeur médiane des bassins versants de calage de chaque région en secteur non-jaugé.

x Calage uniforme (Cal_U) + calage semi-uniforme (Cal_SU)

x Descripteurs pour le calage semi-uniforme :

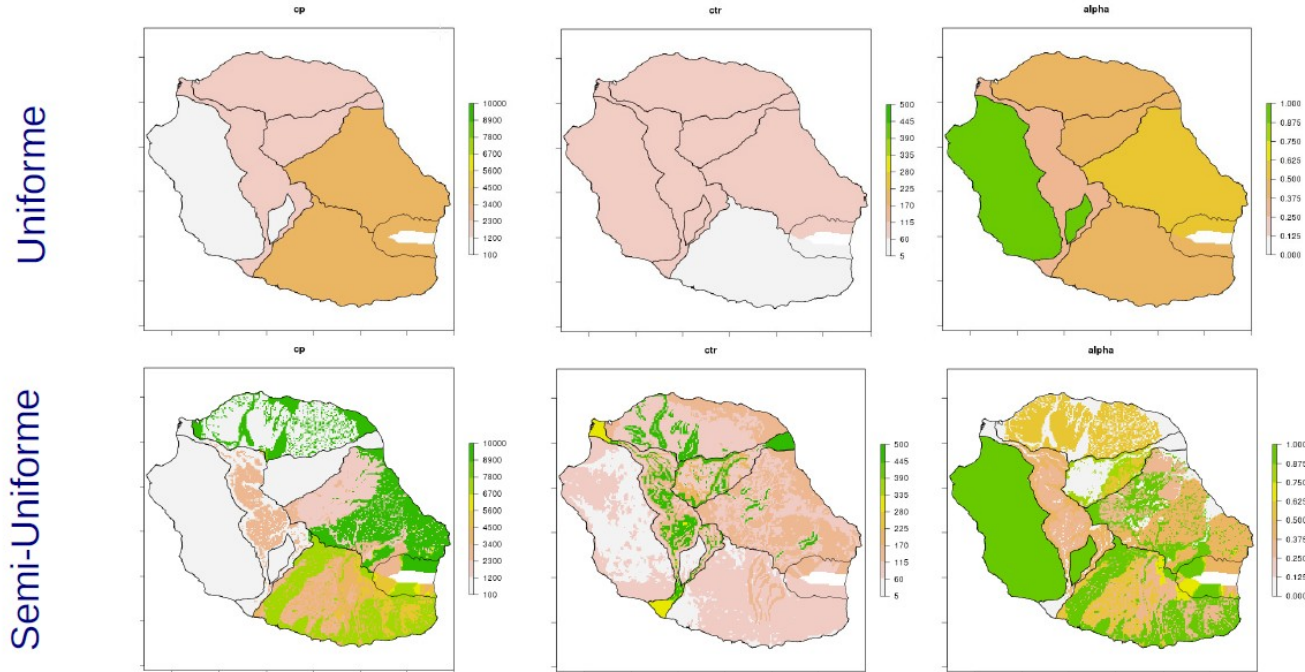


	Cp	beta	Ctr	alpha
M1	pédologie (ensemble)	pédologie (ensemble)	pente	pédologie (ensemble)
M2	pédologie (ensemble) + zones urbaines	pédologie (ensemble)	pente	pédologie (ensemble)



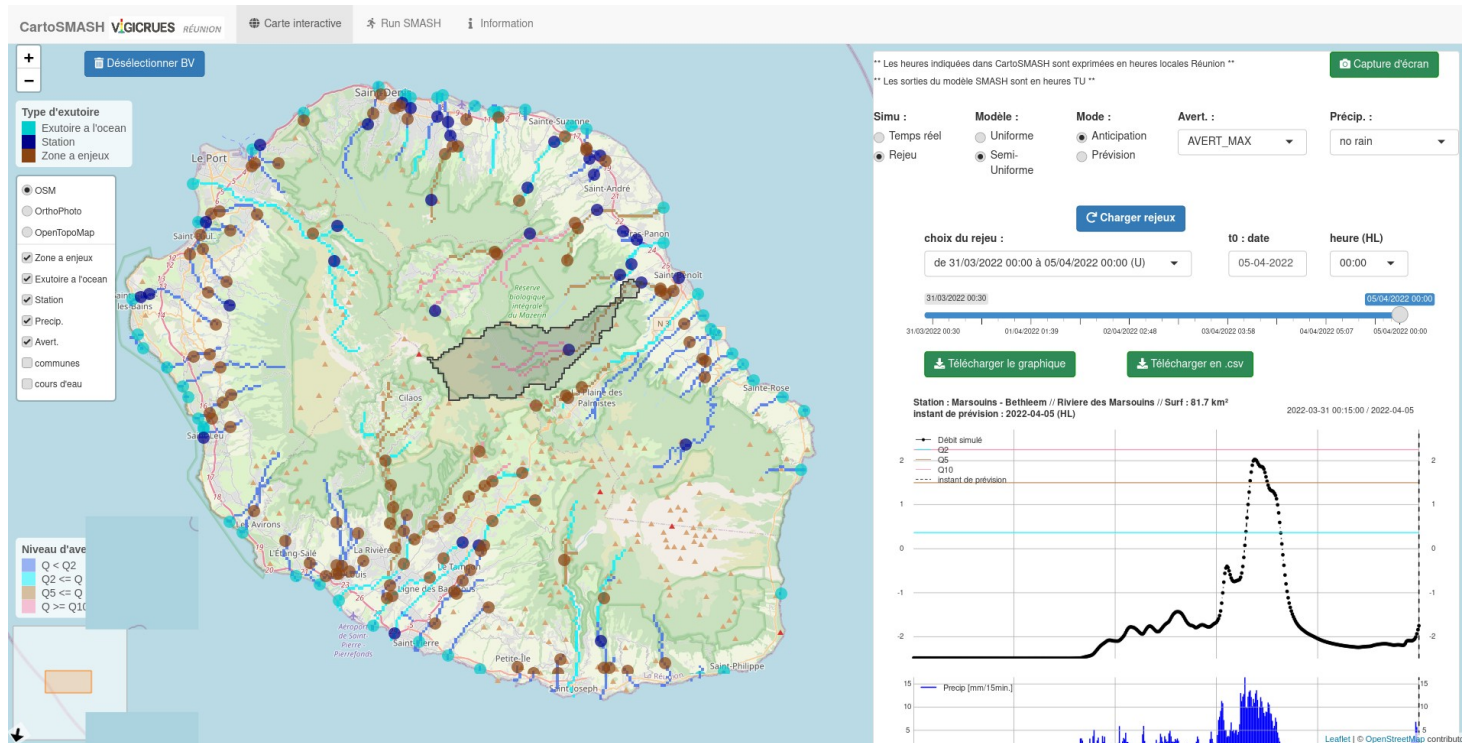
2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

e. Résultats de la calibration : grille de paramètres



2. Présentation de l'outil SMASH et CartoSMASH

f. Outil de visualisation _ CartoSMASH



3. Exemples de résultats de l'outil

3. Exemples de résultats de l'outil

a. Épisode de fortes pluies du 15 janvier 2022

Vigilances météorologiques



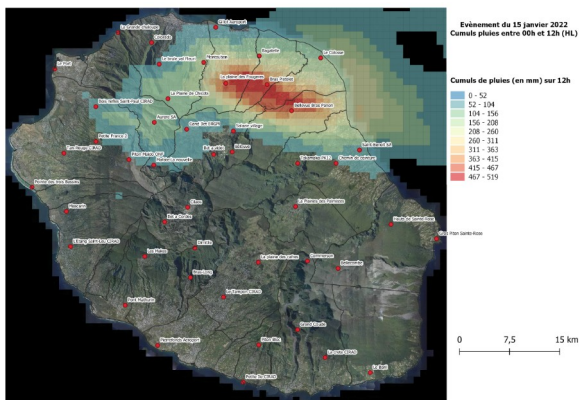
Vigilance Fortes Pluies/Orages sur les zones Ouest, Nord et Est pour la nuit du 14 au 15 janvier 2022.

Données de pluies pendant l'évènement

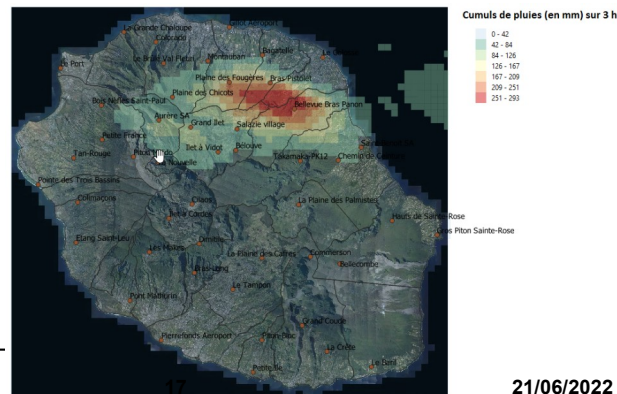
- > T 5 ans : pluvio Plaine des Fougères avec un cumul de 3 h,
- > T 10 ans : pluvio Bras Pistolet avec un cumul de 3 h,
- > T 20 ans : pluvio Bellevue_Bras Panon avec un cumul de 3 h.

Lame d'eau Antilope : cumuls 12h (00h et 12h HL)

Lame d'eau Antilope : cumuls 3h (03h et 06h HL)

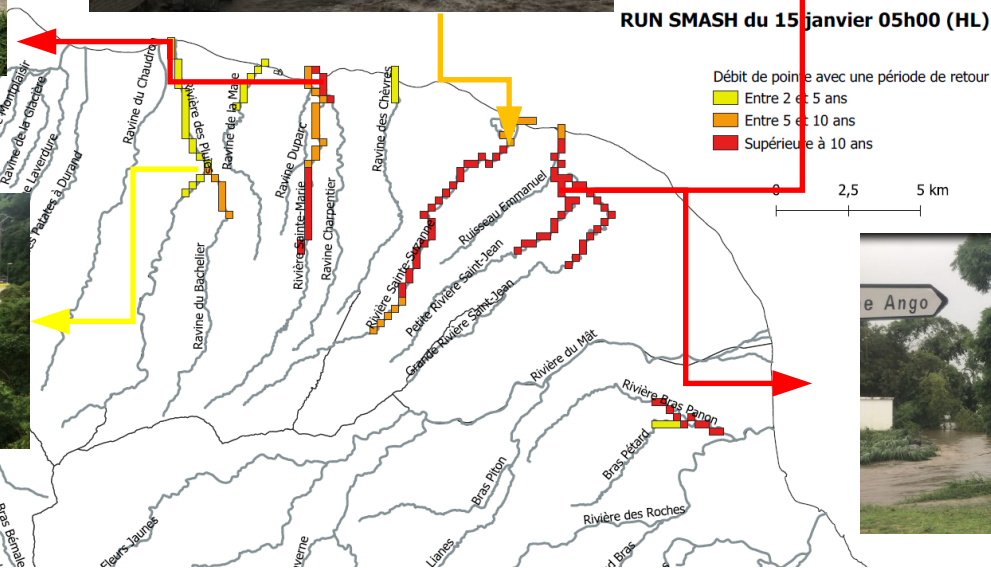


T20 ans voire plus dépassée pour certains pixels



3. Exemples de résultats de l'outils

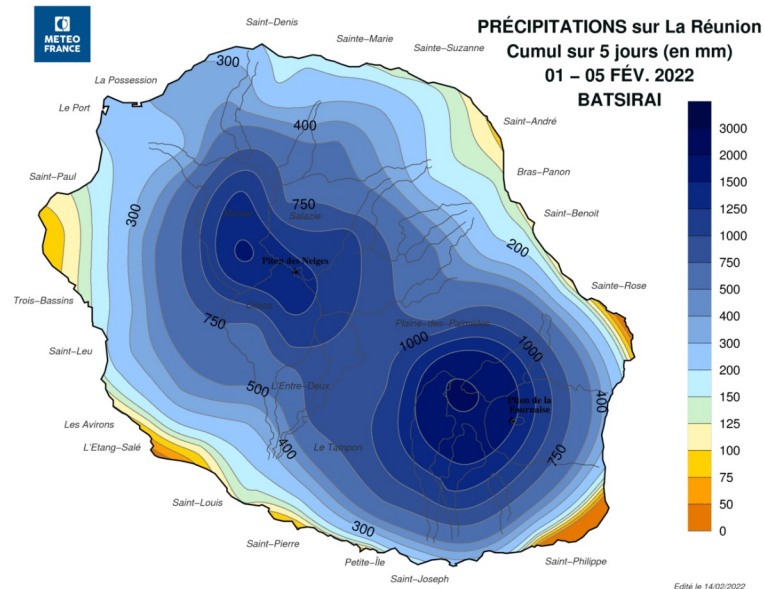
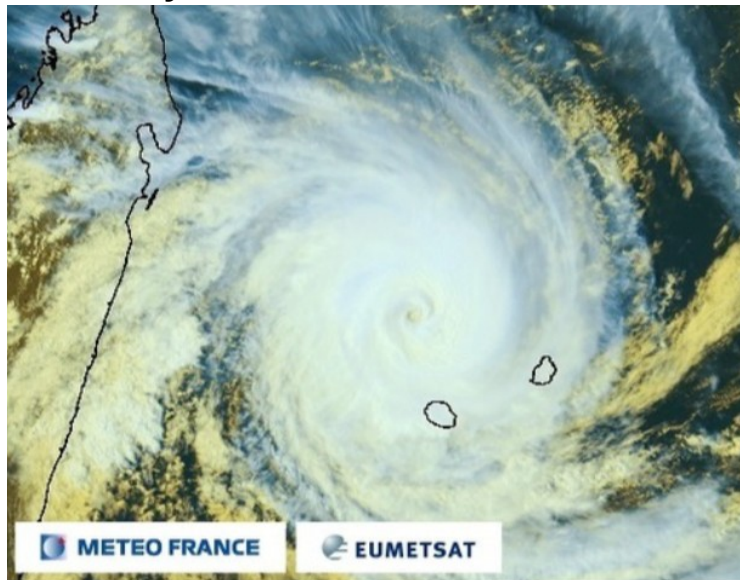
a. Épisode de fortes pluies du 15 janvier 2022



21/06/2022

3. Exemples de résultats de l'outil

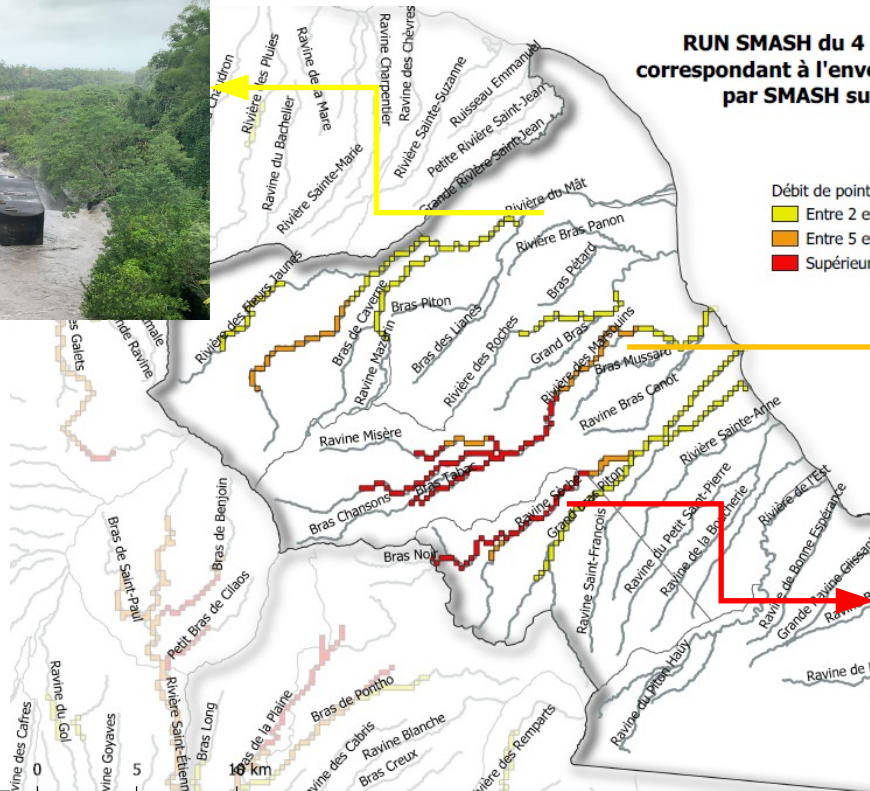
b. Cyclone BATSIRAI : du 2 au 4 février 2022



- Bellecombe-Jacob: **1598 mm** en 48 heures (4ème valeur la plus élevée depuis 1966)
- Aurère : **1143 mm** en 48 heures (> T10 ans)
- Grand-Coude : **896 mm** en 48 heures (2ème valeur la plus élevée depuis 1978).
- Pont d'Yves: **736 mm** en 48h (valeur la plus élevée depuis 2001 battant le record de **671 mm**)
- Cilaos : **492 mm** en 12 h (> T10 ans)
- Grand-Galet : **486 mm** en 12 h (> T10 ans)

3. Exemples de résultats de l'outil

b. Cyclone BATSIRAI : du 2 au 4 février 2022



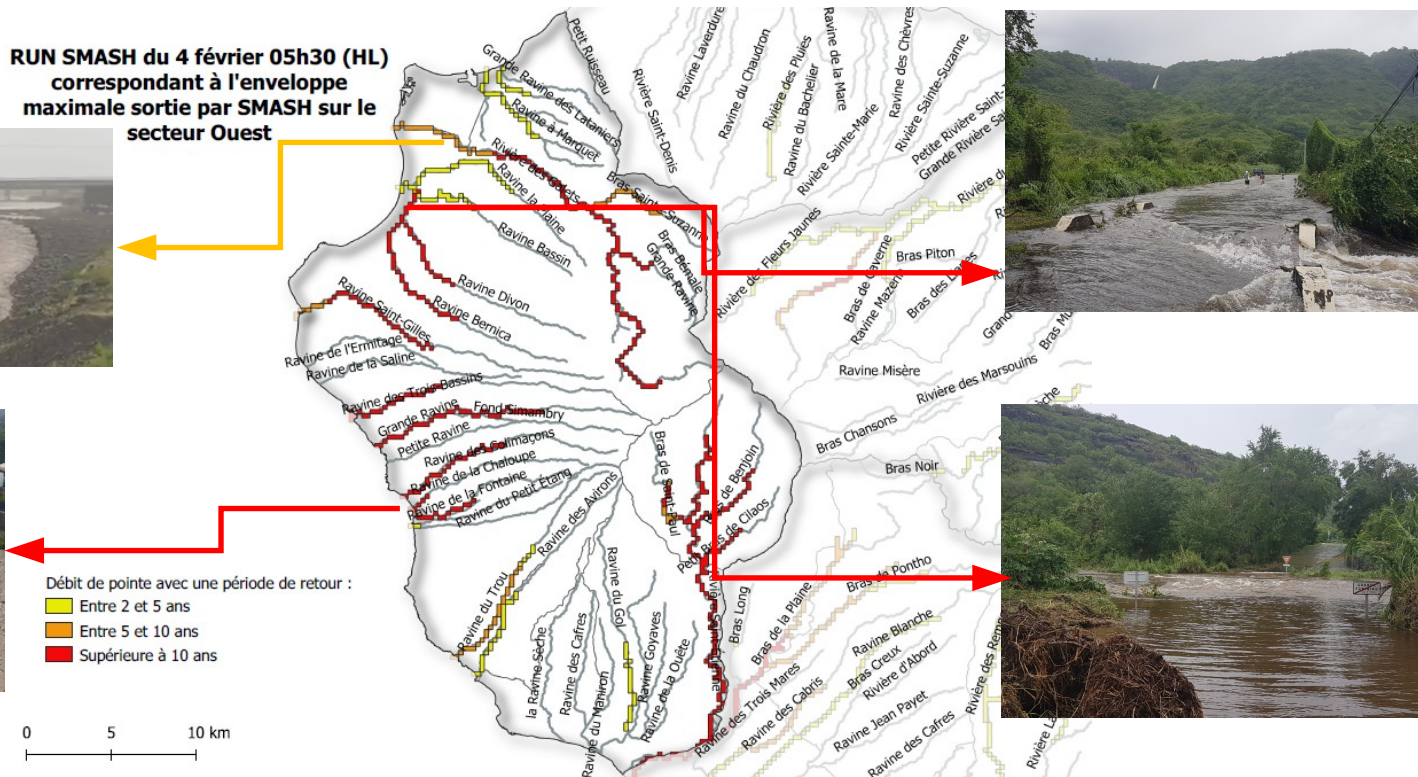
ZONE EST



3. Exemples de résultats de l'outil

b. Cyclone BATSIRAI : du 2 au 4 février 2022

**RUN SMASH du 4 février 05h30 (HL)
correspondant à l'enveloppe
maximale sortie par SMASH sur le
secteur Ouest**



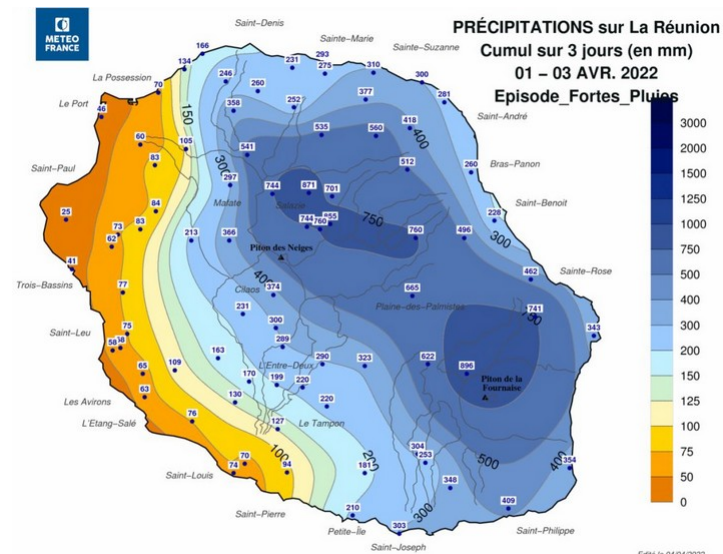
ZONE OUEST

Vigilances météorologiques : fortes pluies / orages

- Vendredi 1er avril 2022 à 18h00 HL sur les zones Est et Sud-Est, étendue à la zone Nord à 20h45.
- Point d'attention particulière sur le cirque de Salazie dimanche matin 3 avril (Vigilance avec enjeu de sécurité à partir de 9h15),
- Fin de la vigilance : lundi 4 avril à 07h15 locales

Données de pluies pendant l'évènement

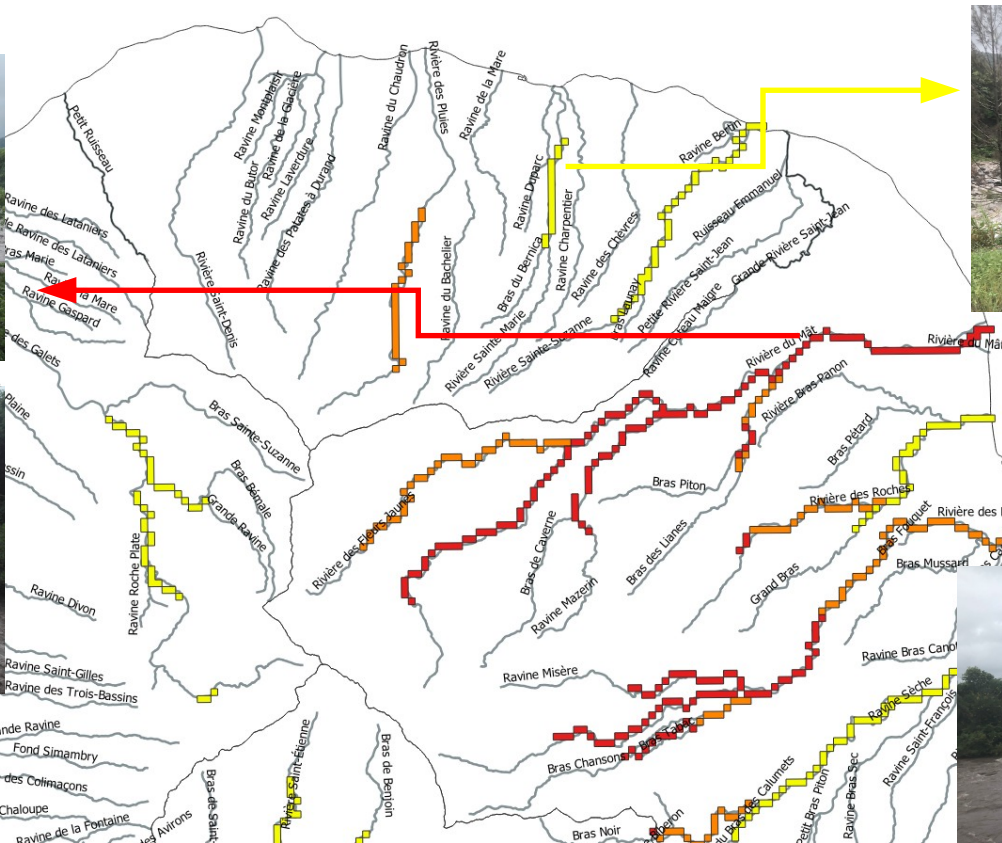
Sur l'ensemble de l'épisode, du 1er au 3 avril, les cumuls de pluie les plus élevés ont été enregistrés à Bellecombe (896 mm), Mare à Vieille Place (871 mm) et Bélouve (855 mm), alors que sur des durées plus courtes allant de 1h à 12h, outre Salazie, les pluies les plus remarquables ont été localisées près du littoral nord à nord-est.



Cumul de pluie du 1er au 3 avril 2022 sur la Réunion

3. Exemples de résultats de l'outil

c. Fortes pluies : du 1er au 3 avril 2022



ZONE Nord / Est

4. Développements à venir

4. Développements à venir

- * Réalisation de la base de données « aléas / dommages » pour les évènements pouvant être rejoués sur SMASH : depuis 2015 (disponibilité de la lame d'eau Antilope) _ CVH
- * Retex sur les derniers évènements (CVH, Hydriss Hydrologie, INRAE) pour :
 - objectiver la performance « pratique » du modèle (anticipation et prévision)
 - comparer les résultats des deux modèles (avec les données observées) : calage uniforme et semi-uniforme
- * Amélioration de la calibration semi-uniforme du modèle (travail sur les valeurs initiales et les bornes de calage) _ (Hydriss Hydrologie, INRAE)
- * Intégration d'une prévision immédiate de pluies (2 prochaines heures) à partir de méthodes basées sur l'IA (Météo France, Lacy)