

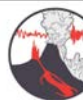
Modélisation de la probabilité de recouvrement par les coulées de lave au Piton de la Fournaise

Oryaëlle CHEVREL

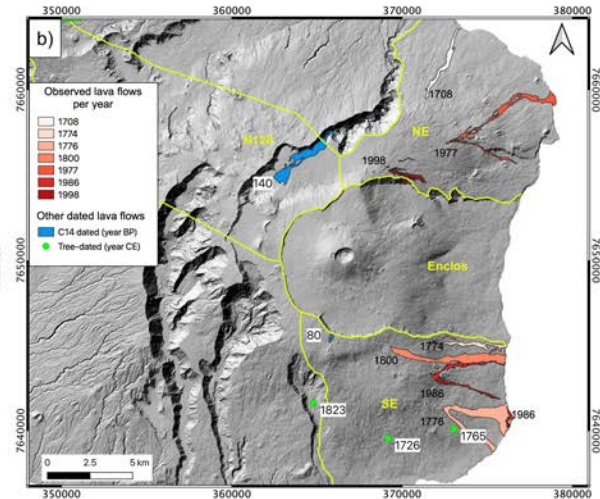
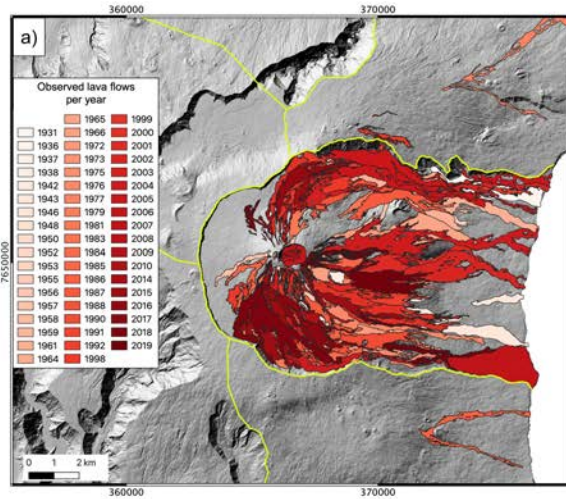
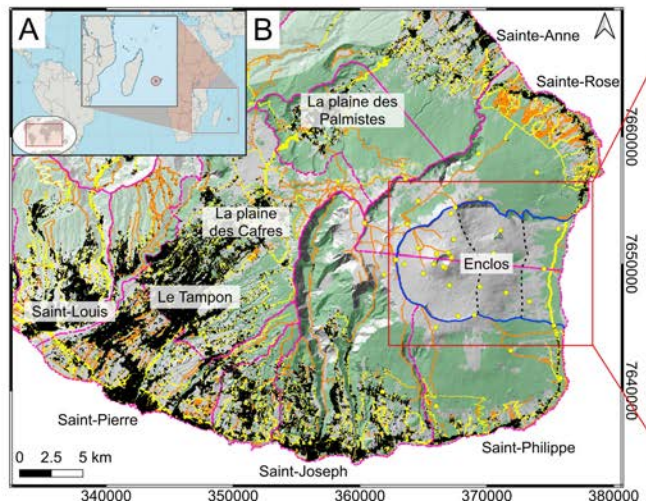
Chargée de recherche en volcanologie à Institut de Recherche pour le Développement
Laboratoire Magmas et Volcans, UCA

Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise, IPGP

Piton de la Fournaise, Juillet 2019



Le Piton de la Fournaise est un **volcan actif** (2 éruptions / an) qui forme des coulées de lave pouvant parfois menacer les infrastructures, l'environnement et la population.



Afin de réduire les risques associés, il est nécessaire de pouvoir **anticiper la trajectoire des laves** et en informer les autorités avec **un support adapté**.

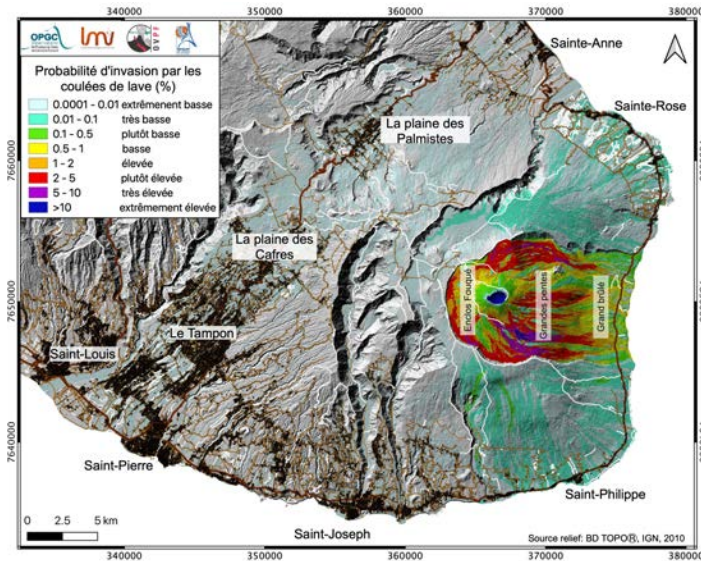
MODÉLISATION NUMÉRIQUES DES COULÉES DE LAVE

Grand nombre de modèles (1D à 3D) pour diverses applications: Cartes d'aléas, suivis de coulées de lave, études fondamentales sur le comportement et la mise en place des coulées et leurs impacts sur l'environnement.

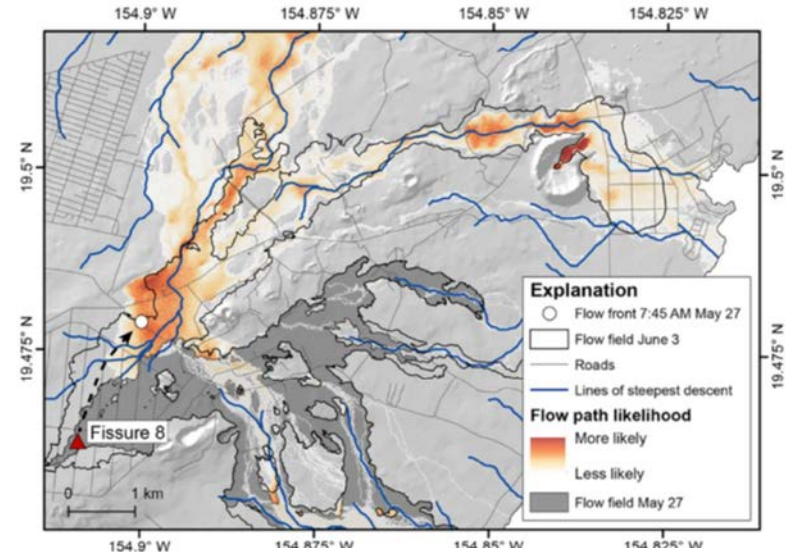
1. Modèles probabilistes: Une distribution de solutions pour une distribution de paramètres d'entrée (ex. Downflow, Favalli et al. 2005)

=> Carte d'aléas à long terme

=> Carte d'aléas à court terme



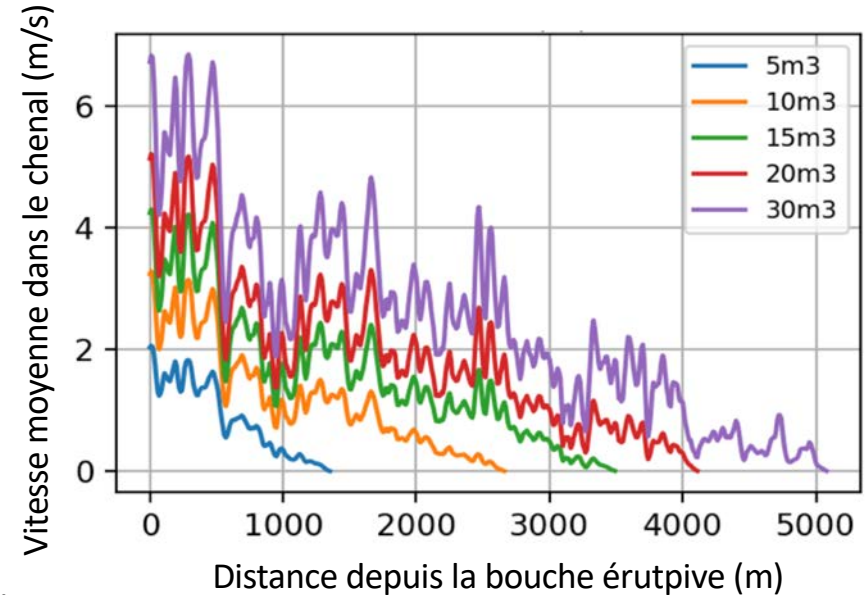
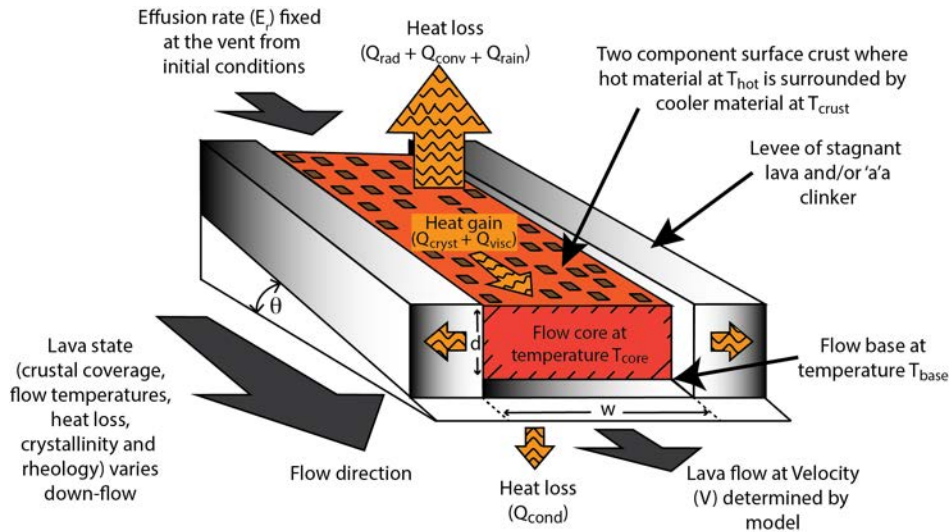
Ex. Piton de la Fournaise Chevrel et al. 2021



Ex. Hawaii eruption 2018 Pubié dans Neal et al. 2019

MODÉLISATION NUMÉRIQUES DES COULÉES DE LAVE

2. Modèles déterministes: Une seule solution pour une distribution de paramètres d'entrée (ex. FLOWGO, Harris and Rowland, 2001)

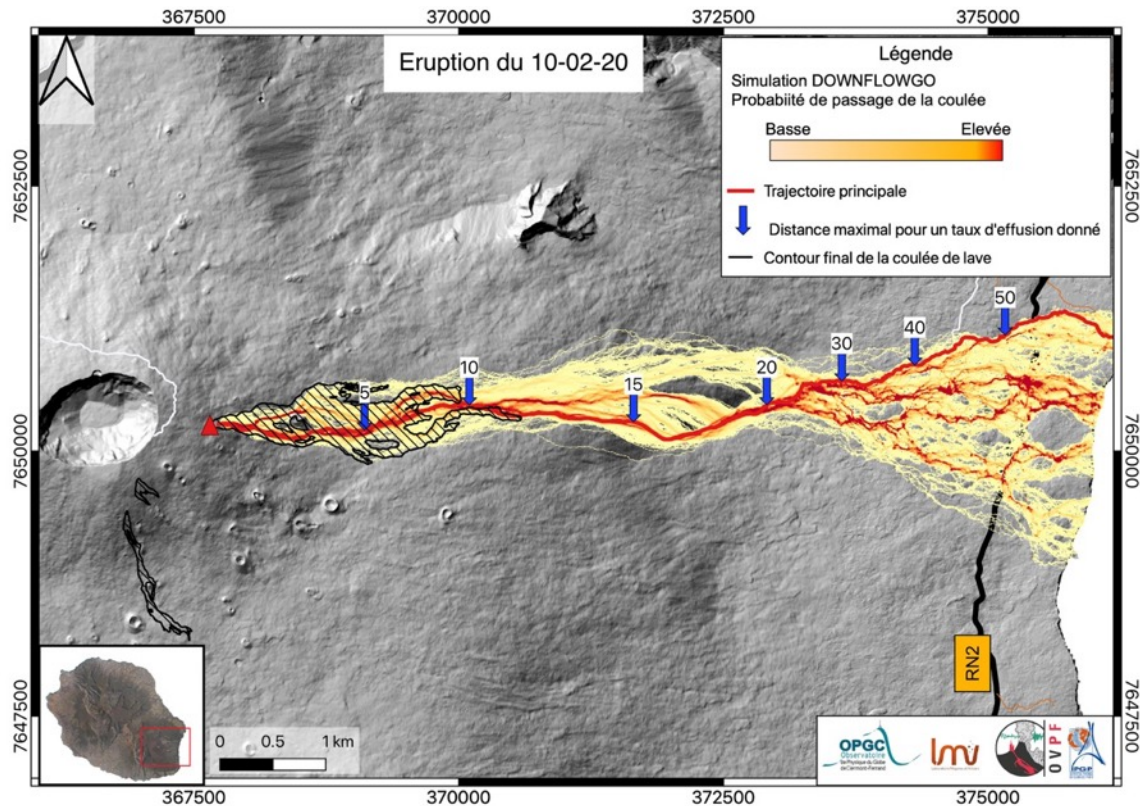


Modèle adapté uniquement pour les coulées à chenal limitées par leur refroidissement (cooling-limited flows)

Harris and Rowland. 2001, Chevrel et al. 2018

DOWNFLOWGO : UN MODÈLE PROBABILISTE (DOWNFLOW) ET DÉTERMINISTE (FLOWGO)

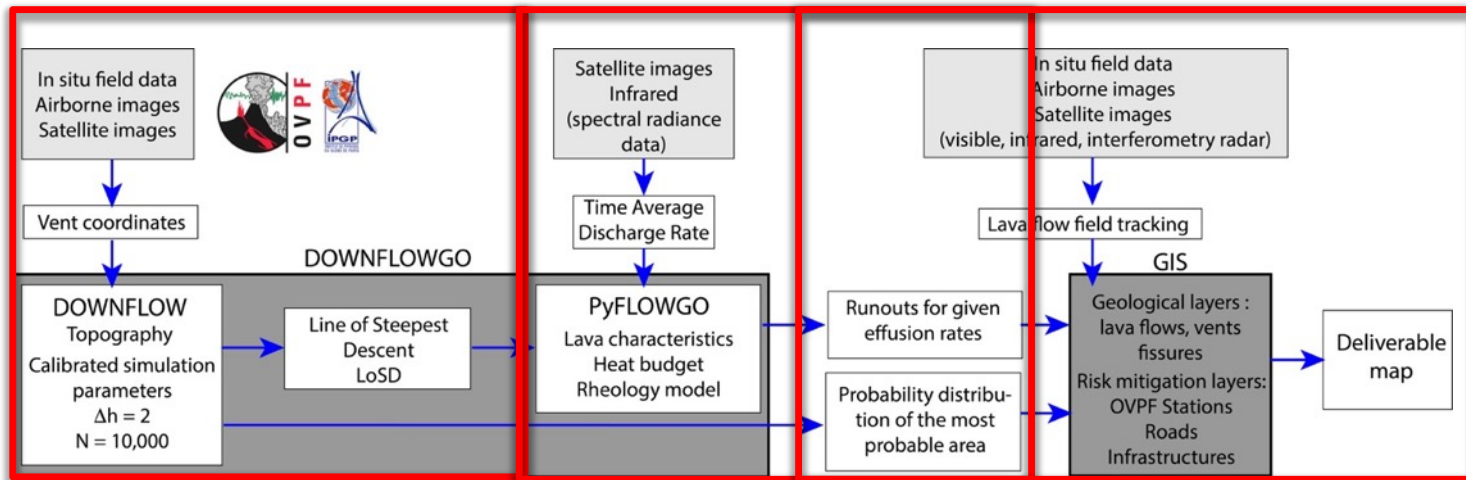
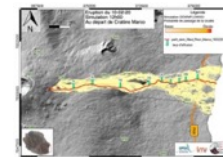
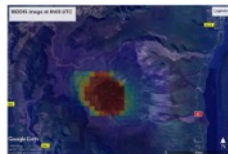
UTILISÉ AU PITON DE LA FOURNAISE



Chevrel et al. 2022

CHAÎNE D' ACTIONS OPÉRATIONNELLE POUR LA RÉPONSE EN TEMPS QUASI-RÉEL AUX CRISES EFFUSIVES AU PITON DE LA FOURNAISE, LA RÉUNION, FRANCE

Début d'éruption --->

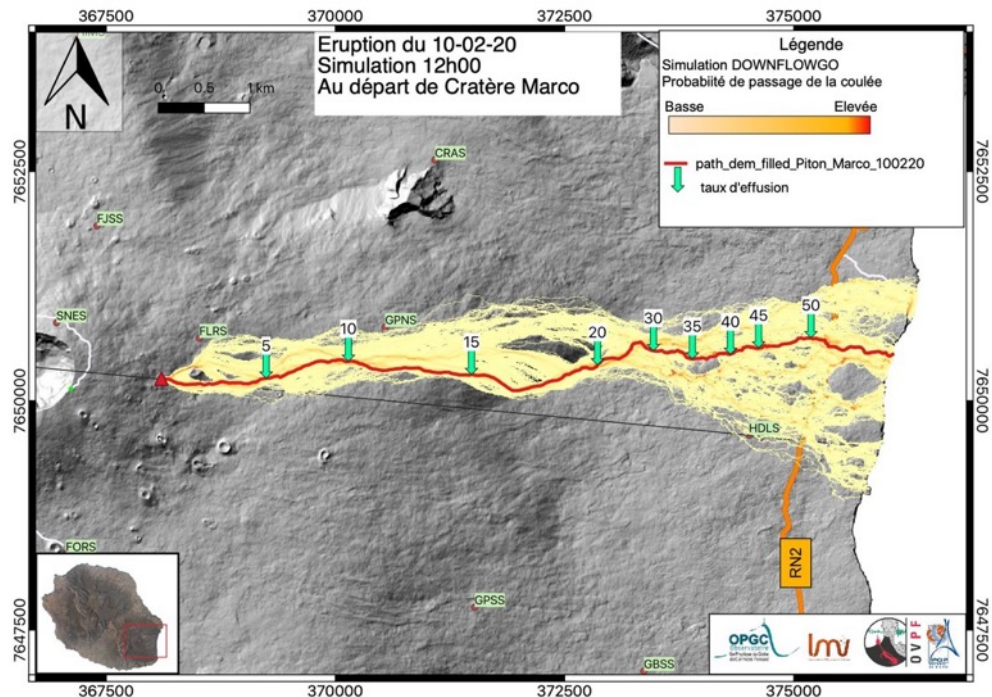


Harris et al. 2019; Chevrel et al. 2022

Le déclenchement de ce protocole dépend du temps entre le début de l'éruption et le moment où les coordonnées précises de la bouche éruptive sont connues.

EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 10 AU 15 FÉVRIER 2020

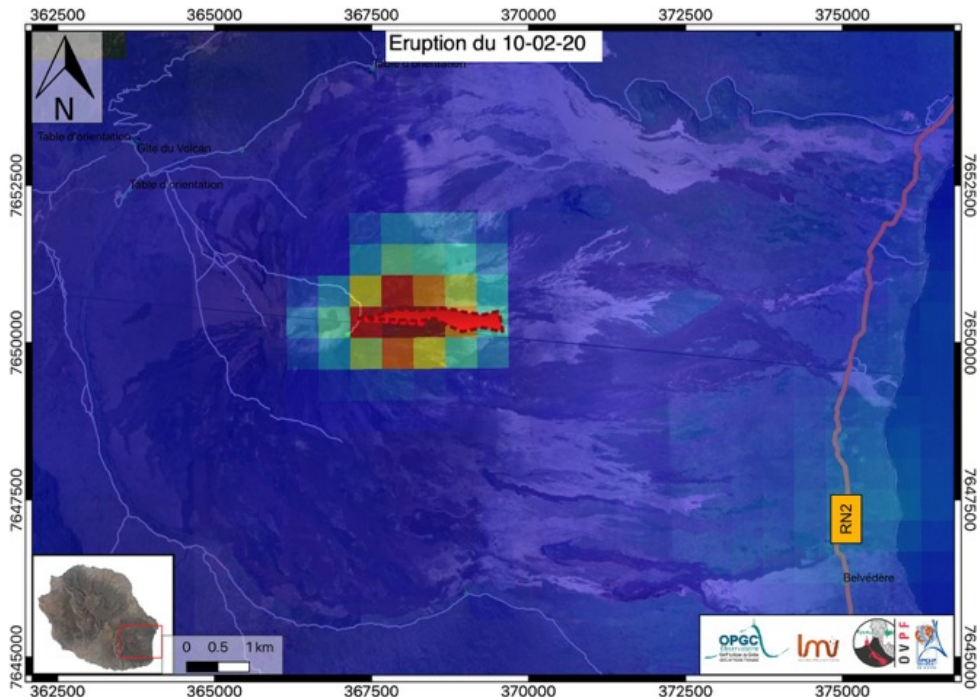
- 10h50 : Début d'éruption, très mauvais temps, pas de coordonnées précises
- 12h00 : Première localisation approximative, la première carte produite et transmise aux autorités



Carte montrant la probabilité de couverture de la coulée et les distances qu'elle peut atteindre en fonction du débit de lave à l'évent(en m^3/s)

EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 10 AU 15 FÉVRIER 2020

- Estimation du débit de lave émis via MIROVA et HOTVOLC : 10-15 m³/s
- Intégration d'images satellitaires pour le suivi de l'anomalie thermique et de l'étendue des flux

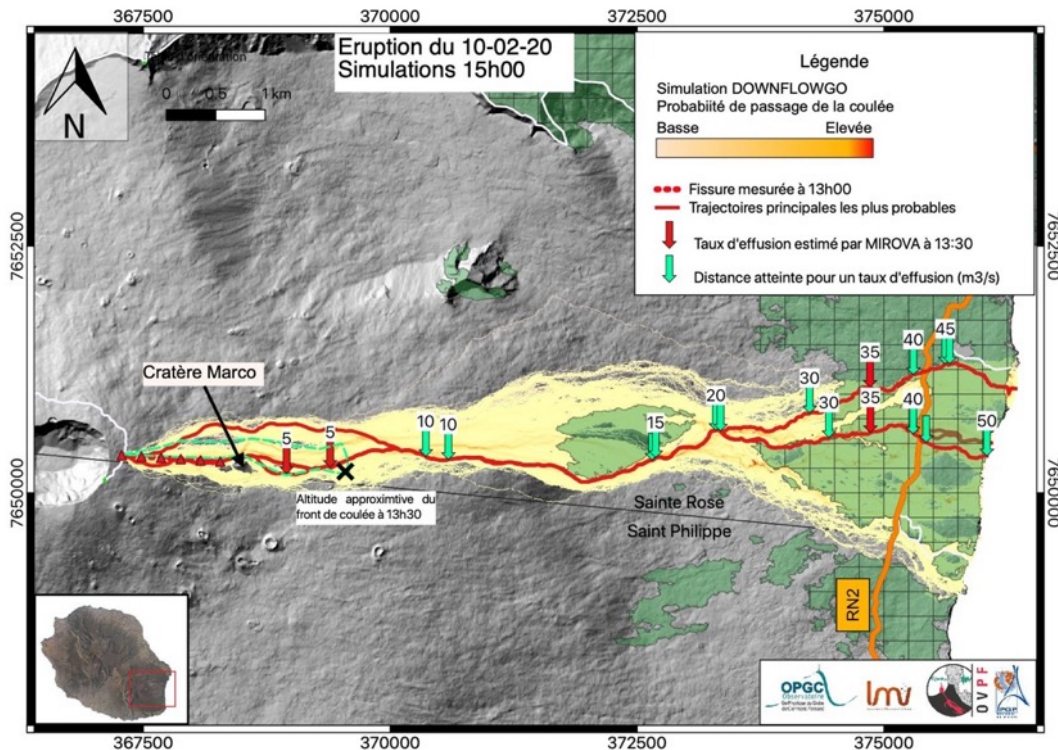


Thermal anomaly recorded by MIROVA (MODIS data, University of Turin) at 10:45 p.m.) and the approximate outline of the lava flows observed on 02/10 between 1 p.m. and 1:30 p.m. local time. (© Mirova / OPGC / LMV / OVPF / IPGP)

Courtesy of D. Coppola. Coppola et al. 2016

EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 10 AU 15 FÉVRIER 2020

- 13:00 Survol hélicoptère, localisation précise
- 15:00 Carte mise à jour et transmise aux autorités



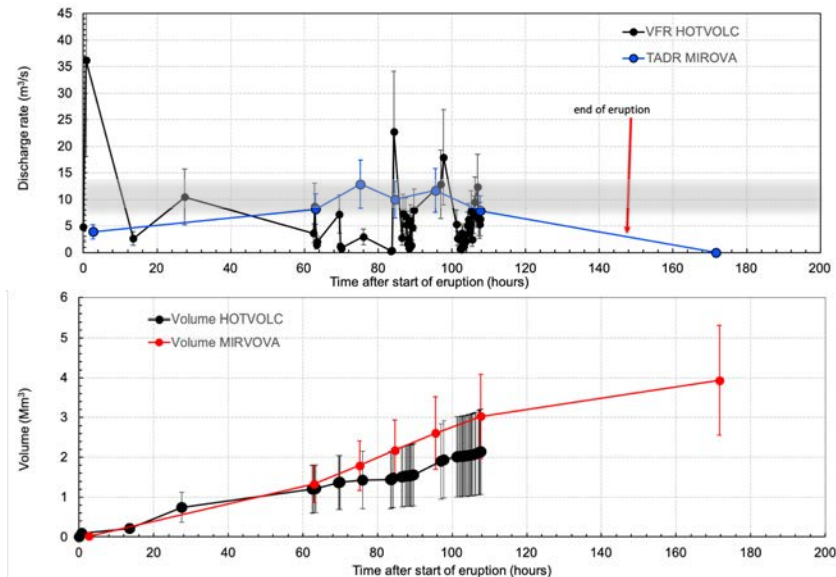
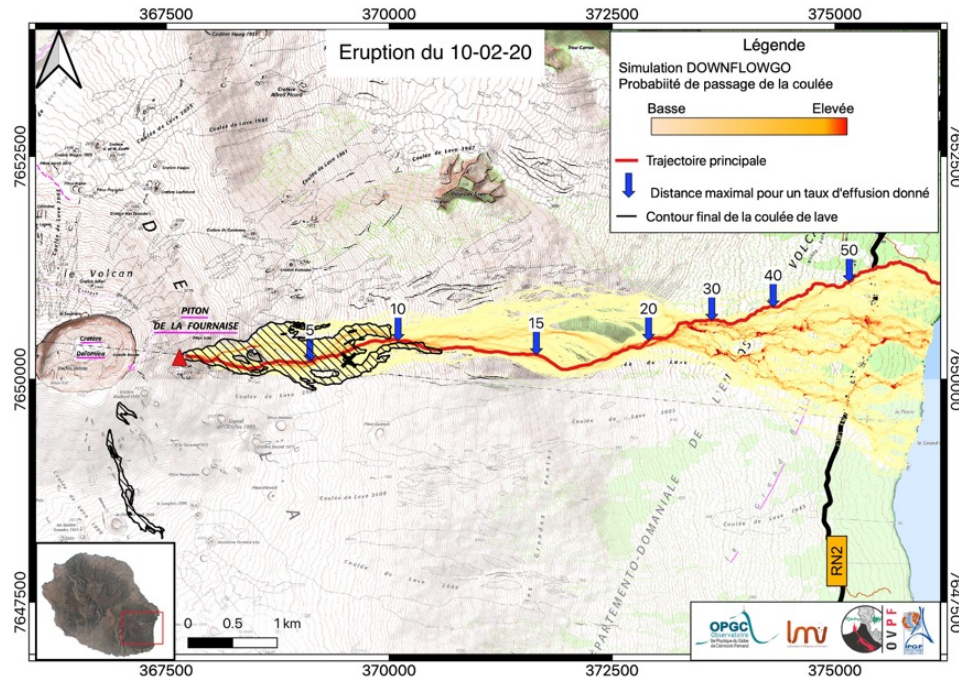
Carte d'aléas montrant le premier contour de coulée de lave : validation de la trajectoire du modèle

Nouvelles informations requises par la protection civile :

- communes : qui contacter en cas de danger routier
- végétation : informations pour les pompiers

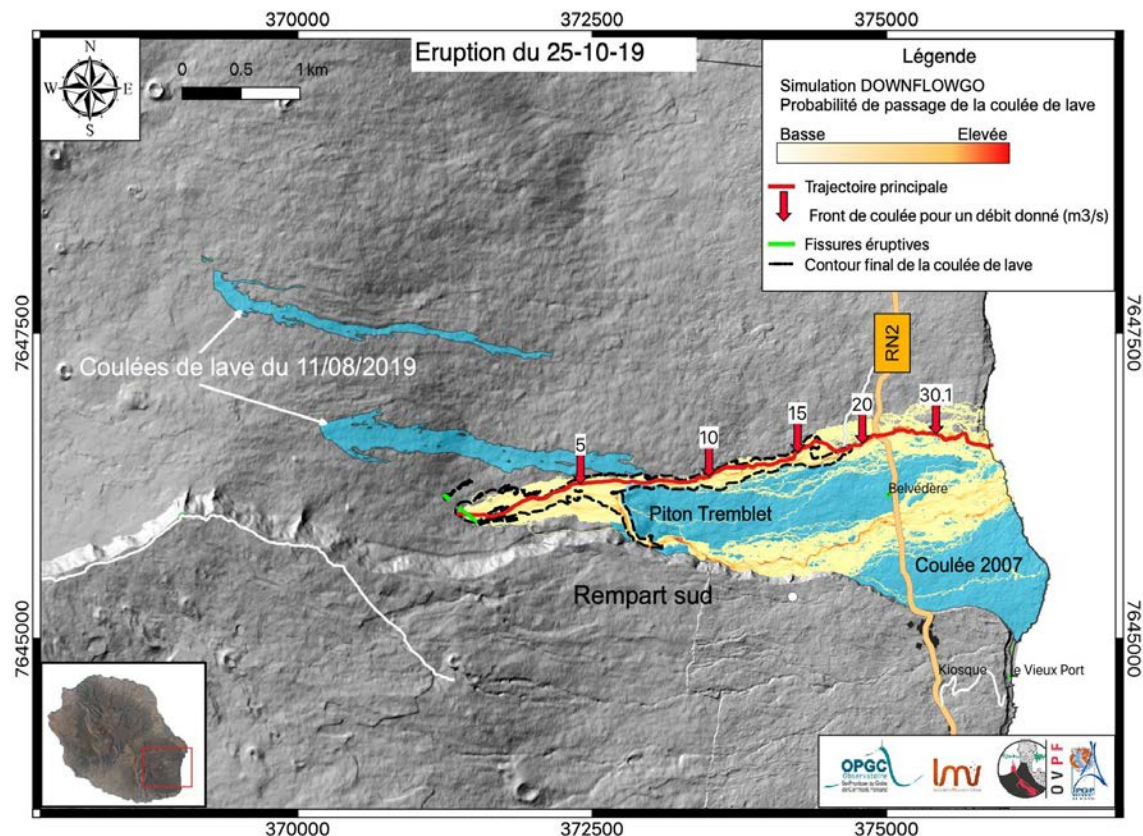
EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 10 AU 15 FÉVRIER 2020

- 15-02-20 : FIN DE L'ÉRUPTION



Incertitude d'environ 35 % - ici donc environ 1 km

EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 25 OCTOBRE 2019



Il n'était pas possible de dire avec certitude si la coulée allait atteindre la route ou non !

Chevreil et al. 2022

Oryaëlle CHEVREL : Modélisation de la probabilité de recouvrement par les coulées de lave

DOWNFLOWGO : UN MODÈLE PROBABILISTE (DOWNFLOW) ET DÉTERMINISTE (FLOWGO)

UTILISÉ AU PITON DE LA FOURNAISE

LIMITES DU MODELE:

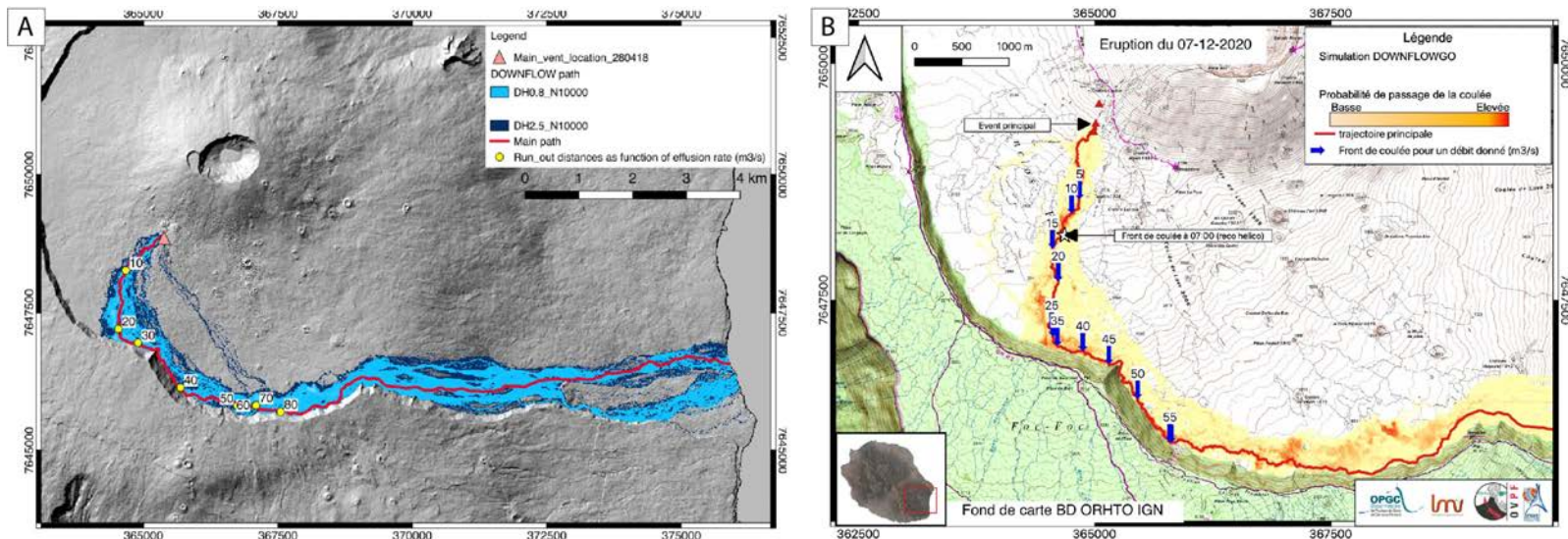
- Adapté uniquement pour les coulées à chenal limitées par leur refroidissement
- Il faut **calibrer** les deux modèles à partir des données de terrain et des caractéristiques des laves des éruptions précédentes
- Topographie doit être bien connue (elle change a chaque eruption!)

AVANTAGES:

- Peut être utilisé sur tous les volcans basaltiques
- Très facile d'utilisation
- Bas coût et temps de calcul
- Accès libre et gratuit

AMÉLIORER LA CARTE DES RISQUES LIVRÉE

- Multiples échanges avec la protection civile (EMZ) pour valider la mise en page de la carte
- Couleur des trajets potentiels de la lave
- Couverture zone végétalisée
- Éléments bien connus (pitons, anciennes coulées, infrastructures)
- Éléments spécifiques sur les cartes (route, bâtiments etc..)

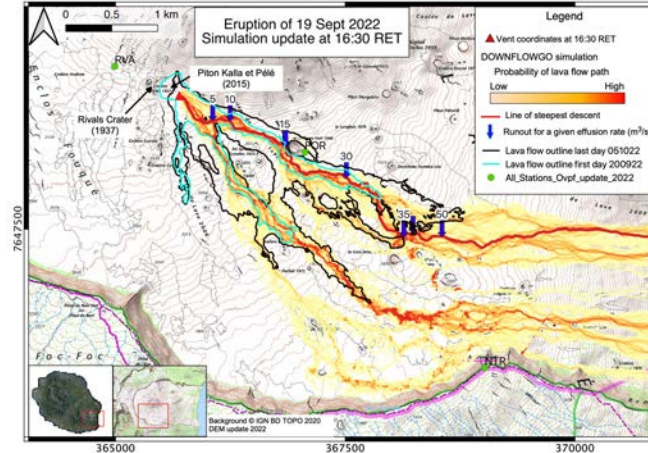


Chevrel et al. 2022

Oryaëlle CHEVREL : Modélisation de la probabilité de recouvrement par les coulées de lave

CONCLUSIONS

- Validation d'un protocole employé pour répondre aux crises effusives au volcan du Piton de la Fournaise
- Ce protocole considère la topographie, propriétés thermo-rhéologiques, taux d'effusion (données satellitaires)
- Fournit un suivi et la probabilité de couverture de la coulée et les distances qu'elle peut atteindre en fonction du débit de lave émis
- Cartes are systématiquement produites depuis avril 2018 - 2022 (total 14 éruptions)
- L'efficacité d'un tel protocole **est limité par le temps entre le début de l'éruption et la connaissance des coordonnées de la bouche éruptive.**
- **Ne peux pas donner le temps d'arriver**



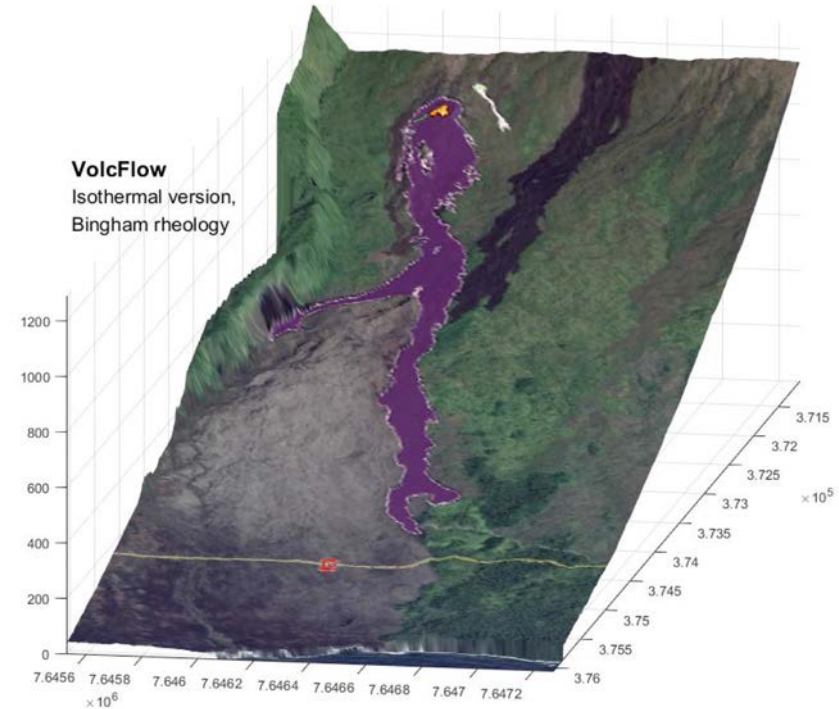
CONCLUSIONS

- Article publié en collaboration avec EMZ
- Article en accès libre



FUTURES AMÉLIORATIONS

- Pour réduire les barres d'erreurs
- Améliorez la modélisation avec des modèles physiques (3D) incluant la dynamique des fronts de lave
- Étendre le protocole à d'autres volcans – c'est possible mais nécessite la calibration des modèles numériques et des échanges avec les autorités en charge de la gestion de crise.



Merci de votre attention

Magdalena Oryaëlle Chevrel
oryaelle.chevrel@ird.fr

Eruption 29 juillet 2019
Photo O.C.