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



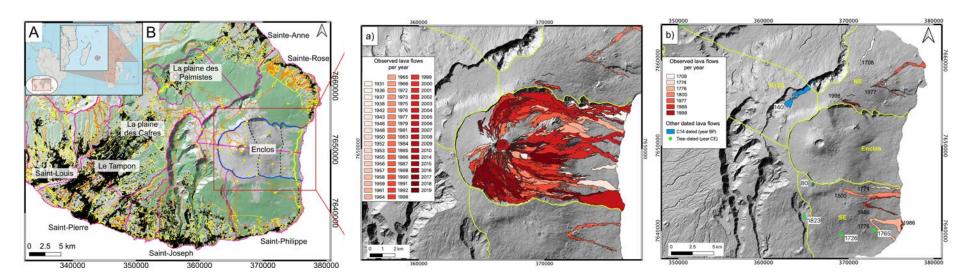








Le Piton de la Fournaise est un **volcan actif** (2 éruptions / an) qui forme des coulées de lave pouvant parfois menacer les infrastructures, l'environnement et la population.



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.**





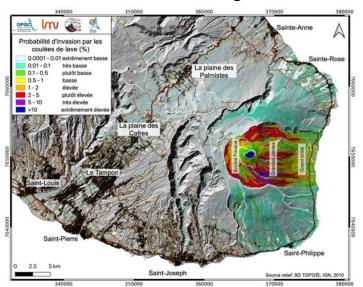


MODÉLISATION NUMÉRIQUES DES COULÉES DE LAVE

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 impactes sur l'environnement.

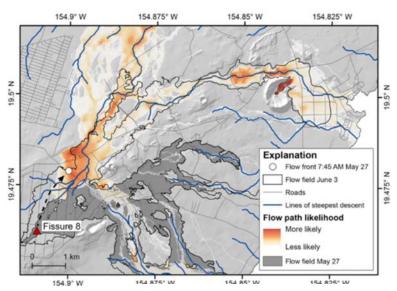
1. Modèles probabilistes: Une distribution de solutions pour une distribution de paramètres d'entrée (ex. Downflow, Favalli et al. 2005)

=> Carte d'aléas à long terme



Ex. Piton de la Fournaise Chevrel et al. 2021

=> Carte d'aléas à court terme



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

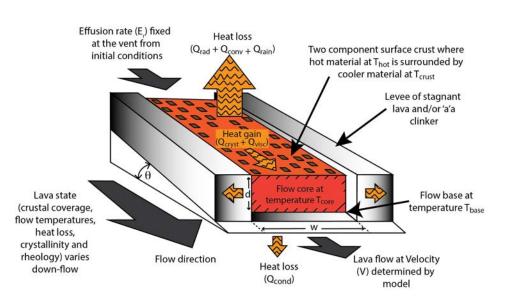




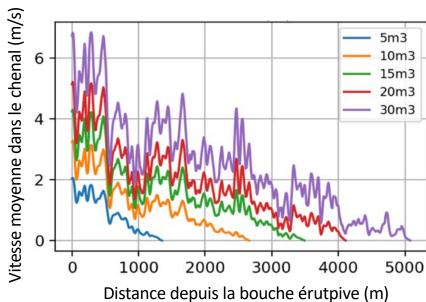


Modélisation Numériques des Coulées de Lave

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)

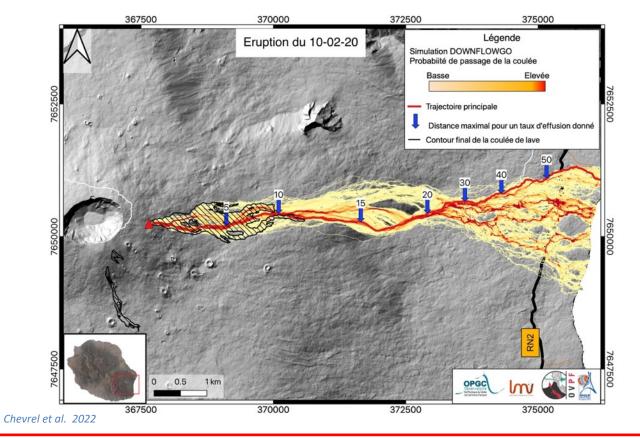


Harris and Rowland. 2001, Chevrel et al. 2018





DOWNFLOWGO : UN MODÈLE PROBABILISTE (DOWNFLOW) ET DÉTERMINISTE (FLOWGO) UTILISÉ AU PITON DE LA FOURNAISE



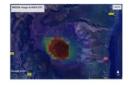


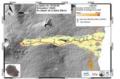


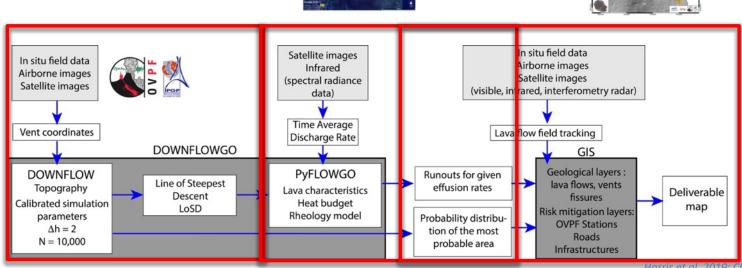
CHAÎNE D'ACTIONS OPÉRATIONNELLE POUR LA RÉPONSE EN TEMPS QUASI-RÉEL AUX CRISES EFFUSIVES AU PITON DE LA FOURNAISE, LA RÉUNION, FRANCE

Début d'éruption --->









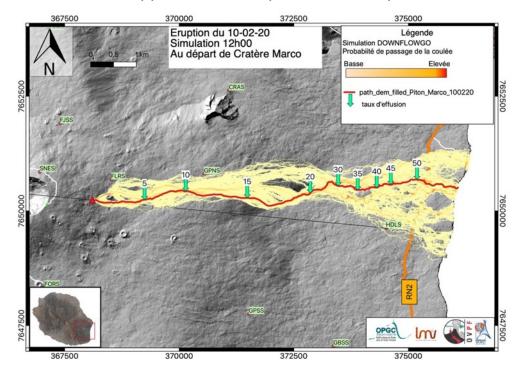
Harris et al. 2019; Chevrel et al. 2022

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.



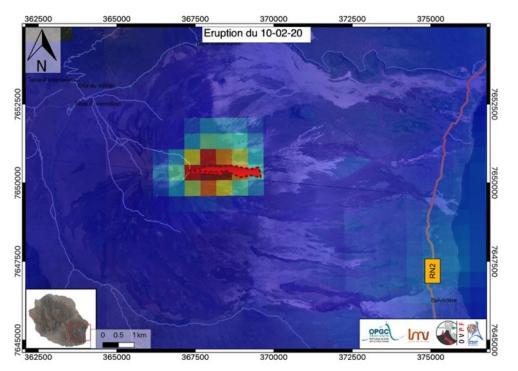


- 10h50 : Début d'éruption, très mauvais temps, pas de coordonnées précises
- 12h00 : Première localisation approximative, la première carte produite et transmise aux autorités



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 m³/s)

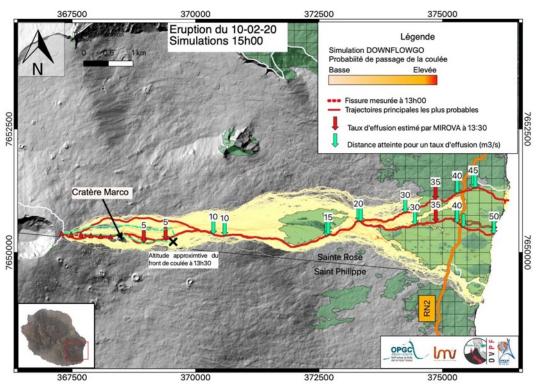
- Estimation du débit de lave émis via MIROVA et HOTVOLC : 10-15 m³/s
- Intégration d'images satellitaires pour le suivi de l'anomalie thermique et de l'étendue des flux



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

- 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 :

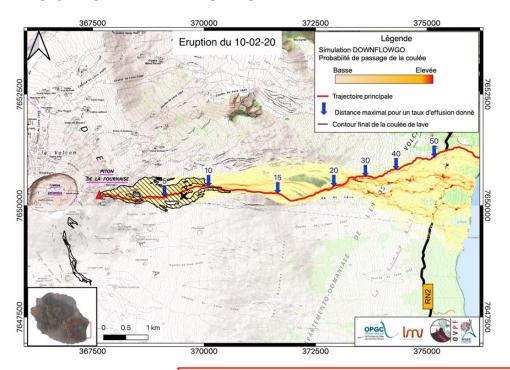
- communes : qui contacter en cas de danger routier
- végétation : informations pour les pompiers

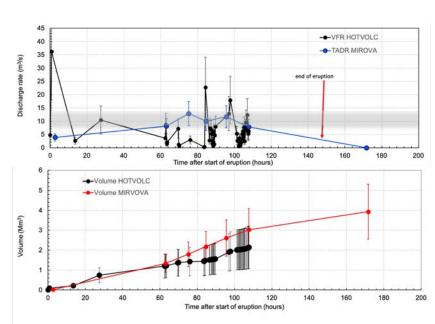






15-02-20 : FIN DE L'ERUPTION





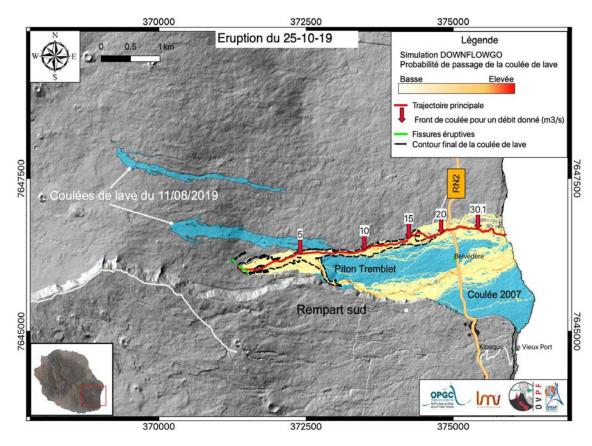
Incertitude d'environ 35 % - ici donc environ 1 km

Chevrel et al. 2022





EXEMPLE DE L'ÉRUPTION DU 25 OCTOBRE 2019



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

Chevrel et al. 2022





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:

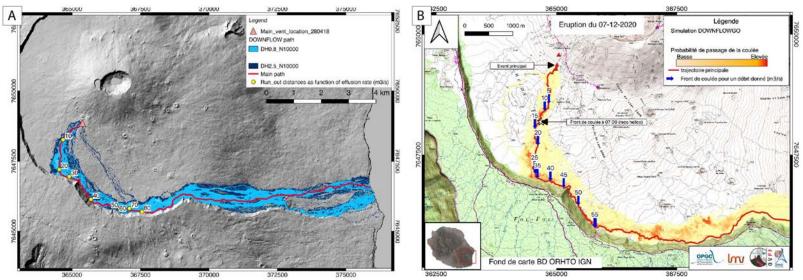
- Peut être utilisé sur tous les volcans basaltiques
- Très facile d'utilisation
- Bas coût et temps de calcul
- Accès libre et gratuit





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
- Eléments bien connus (pitons, anciennes coulées, infrastructures)
- Éléments spécifiques sur les cartes (route, batiments etc..)



Chevrel et al. 2022



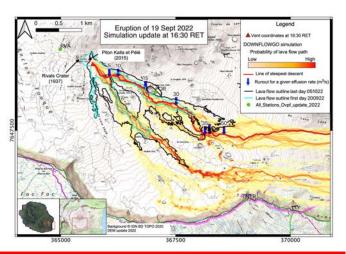




CONCLUSIONS

- Validation d'un protocole employé pour répondre aux crises effusives au volcan du Piton de la Fournaise
- Ce protocole considère la topographie, propriétés thermorhéologiques, 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













Article publié en collaboration avec **EMZ**

Article en accès libre

CONCLUSIONS

RESEARCH ARTICLE



Volcanic crisis management supported by near real-time lava flow hazard assessment at Piton de la Fournaise, La Réunion

- Magdalena Oryaëlle Chevrel*a, Andrew J. L. Harrisa, Aline Peltier, Nicolas Villeneuve, Andrew J. L. Harrisa, Aline Peltier, Aline Pelti Diego Coppola^e, Mathieu Gouhier^a, and Stéphane Drenne^c
- ⁴ Université Clermont Auvergne, CNRS, IRD, OPGC, Laboratoire Magmas et Volcans, 63000 Clermont-Ferrand, France.
- P Université Paris Cité, Institut de Physique du Globe de Paris, CNRS, 75005 Paris, France.
- Observatoire Volcanologique du Piton de la Fournaise, Institut de Physique du Globe de Paris, 97418 La Plaine des Cafres, France. Université de La Réunion, Laboratoire GéoSciences Réunion, 97744 Saint Denis, France. Dipartimento di Scienze della Terra, Universita degli Studi di Torino, Torino, Italy.
- EMPZCOI, Préfecture de la Réunion, 97744 Saint Denis, France.

ABSTRACT

Since 1979, Piton de la Fournaise (La Réunion) has erupted on average two times per year, with 95 % of these eruptions occurring Since 1979, Piton de la Fournaise (La Reunion) has erupted on average two times per year, with 90 % or these eruptions occurring within an uninhabited caldera. However, lava flows have occasionally impacted populated regions on the island, as in 1977 and 1986. Since 2014, an integrated satellite data-driven multinational response to effusive crises has been developed to rapidly assess lava inundation area and flow runout distance. In 2018, this protocol was implemented as a standalone software to provide a lava flow hazard map showing the probability of flow coverage and runouts as a function of discharge rate. Since 2019, the produced short-term hazard map is shared with local civil protection in the first few hours following the start of an eruption to aid in mitigation actions. Multiple exchanges between scientists, the observatory, and civil protection has improved the delivered hazard map, ensuring a common understanding, a product which is of use and usable, and helping to build effective mitigation strategies at Piton de la Fournaise. In this work we illustrate this effective near real-time protocol with case studies and document how the produced short-term hazard map has been tailored to meet the needs of civil protection. RÉSUMÉ

Depuis 1979, le Piton de la Fournaise est en éruption en moyenne deux fois par an et 95 % des éruptions a lieu dans la caldera principale qui est inhabitée. Des coulées de lave peuvent néanmoins être émises en dehors de cet espace et envahir des villages comme ce fut le cas en 1977 et 1986. Depuis 2014, un protocole a été mis en place afin de modéliser et d'anticiper rapidement la trajectoire des coulées et la zone potentiellement affectée par la lave lorsqu'une éruption se déclenche. En 2018, ce protocole a été amélioré afin de produire une carte d'aléas indiquant la probabilité de couverture de la coulée et les distances qu'elle peut atteindre en fonction du débit de lave émit. Depuis 2019 cette carte est communiquée à la préfecture dans les premières heures du début de l'éruption afin d'aider à la prise de décision et d'atténuer les risques potentiels. De multiples échanges entre les scientifiques, l'observatoire volcanologique et l'Etat-Major de Zone a permis d'améliorer cette carte afin d'assurer une compréhension commune du risque et d'apporter une aide efficace pour élaborer des stratégies d'atténuation des risques au Piton de la Fournaise. Dans ce présent article, nous illustrons ce protocole avec des études de cas et décriu









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.

