



FESTIVAL  
EN LIGNE

16<sup>E</sup> ÉDITION | FESTIVAL INTERNATIONAL DU FILM SCIENTIFIQUE

# PARISCIENCE

En partenariat  
avec l'Institut  
de physique  
du globe de Paris

-- Fiche d'accompagnement --

LES VOLCANS TUEURS :  
LE PAYS AUX 127 VOLCANS

© ECLA Production - AB Productions

PROGRAMMATION SCOLAIRE : DU 30 SEPTEMBRE AU 16 OCTOBRE 2020





## Sommaire

Les Volcans tueurs : le pays aux 127 volcans .....	1
Sélection de ressources.....	2
Proposition d'activité préparatoire.....	4
Extraits du film.....	5
Notions et infos clés .....	6
Citations issues du film, pistes de réflexion .....	11

## Les Volcans tueurs : le pays aux 127 volcans

Écrit et réalisé par Éric Beauducel  
52 min - France - 2020  
© EKLA Production - AB Productions  
Diffusion française : Science & Vie TV  
Inédit



© EKLA Production - AB Productions

Les scientifiques estiment qu'il existe environ 1500 volcans actifs sur notre planète. Parmi eux se trouvent des volcans responsables de catastrophes naturelles parfois meurtrières : on les appelle les volcans explosifs. L'Indonésie est le pays qui concentre le plus grand nombre de volcans actifs. Dans ce pays où plusieurs millions d'habitants vivent dans des zones à haut risque, la prévention est une priorité. C'est en suivant au plus près des spécialistes qui surveillent ces volcans que ce film permet de mieux comprendre l'évolution de leur métier, les enjeux de prévention des risques et la communication nécessaire entre scientifiques et populations locales.



© EKLA Production - AB Productions



© EKLA Production - AB Productions

## Sélection de ressources

### CANAL-U



En source documentaire complémentaire pour les enseignants (accessibles pour des lycéens confirmés), vous trouverez ci-dessous plusieurs liens vers une sélection de ressources abordant des thématiques liées aux volcans :

- **Qu'est-ce qu'un volcan ?**

[https://www.canal-u.tv/video/tele2sciences/qu\\_est\\_ce\\_qu\\_un\\_volcan.20394](https://www.canal-u.tv/video/tele2sciences/qu_est_ce_qu_un_volcan.20394)

- **Plumes de volcan**

[https://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_la\\_reunion\\_sun/plumes\\_de\\_volcan.50675](https://www.canal-u.tv/video/universite_de_la_reunion_sun/plumes_de_volcan.50675)

- **Panaches du piton de la Fournaise**

[https://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_la\\_reunion\\_sun/panaches\\_du\\_piton\\_de\\_la\\_fournaise.45015](https://www.canal-u.tv/video/universite_de_la_reunion_sun/panaches_du_piton_de_la_fournaise.45015)

- **Les volcans**

[https://www.canal-u.tv/video/universite\\_de\\_tous\\_les\\_savoirs/les\\_volcans.1051](https://www.canal-u.tv/video/universite_de_tous_les_savoirs/les_volcans.1051)

---

### EDUC'ARTE



Educ'Arte est une plateforme pédagogique en ligne regroupant une variété de ressources (films, séries, courts métrages...) et d'outils au service des enseignants et de leurs élèves. À la suite du festival, chaque enseignant.e se verra attribuer un code qui lui permettra de découvrir son contenu gratuitement et ce pendant un mois et demi. Vous trouverez ci-après plusieurs liens vers une sélection de ressources liées à la programmation 2020 de Pariscience :

- **Le Dessous des cartes - Risques naturels**, tous inégaux, un film de Didier Ozil, 2010, 11 minutes

<https://educ.arte.tv/program/le-dessous-des-cartes-risques-naturels-tous-inegaux>

- **Le Peuple des volcans - Le Temple du Phénix**, un film de François De Riberolles, 2010, 52 Minutes

<https://educ.arte.tv/program/le-peuple-des-volcans-le-temple-du-phenix>

- **C'est pas sorcier - La Réunion : dans les entrailles du volcan**, un film de Pascal Léonard, 2012, 26 minutes

<https://educ.arte.tv/program/c-est-pas-sorcier-les-entrailles-d-un-volcan>

---

### FRANCE CULTURE

- **Les volcans javanais : une chance ou un risque?**, émission planète terre, Sylvain Kahn, 2013

<https://www.franceculture.fr/emissions/planete-terre/les-volcans-javanais-une-chance-ou-un-risque>  
- **Volcans : ces éternels imprévisibles ?**, émission la méthode scientifique, Nicolas Martin, 2017  
<https://www.franceculture.fr/emissions/la-methode-scientifique/volcans-ces-eternels-imprevisibles>

-----

## GEO

- **Indonésie : à Java, vivre et survivre à l'ombre du redoutable volcan Merapi**, article de Bruno Meyerfeld, février 2020

<https://www.geo.fr/voyage/indonesie-a-java-vivre-et-survivre-a-lombre-du-redoutable-volcan-merapi-199304>

-----

## LE BLOB

- **Indonésie, l'archipel aux milles volcans, épisode de la série "Des ailes pour la science"**, réalisé par Clémentine Bacri , Adrien Normier , Samy El Hourch, 10 minutes, 2013

<https://leblob.fr/videos/indonesie-archipel-aux-mille-volcans>

- **Au tableau Jacques-Marie Bardintzeff**, série de plusieurs épisodes de 6 minutes présentés par le volcanologue Jacques-Marie Bardintzeff, 2011

<https://leblob.fr/series/au-tableau-jacques-marie-bardintzeff>

- **Qu'est ce qu'un volcan ?**, épisode vidéo de la série késako, réalisé par Maxime Beaugeois , Daniel Hennequin et Damien Deltombe, 5 minutes, 2015

<https://leblob.fr/fondamental/qu-est-ce-qu-un-volcan>

- **Peut-on prévoir les éruptions volcaniques ?**, épisode vidéo de la série "les animateurs dans la rue", réalisé par Roland Cros, 6 minutes, 2010

<https://leblob.fr/videos/peut-prevoir-les-eruptions-volcaniques>

-----

## LE MONDE

- **A Java, les sciences humaines sont au pied du volcan Merapi en éruption**, article de Viviane Thivent, novembre 2018

[https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/11/14/a-java-les-sciences-humaines-sont-au-pied-du-volcan-merapi-en-eruption\\_5383471\\_1650684.html](https://www.lemonde.fr/sciences/article/2018/11/14/a-java-les-sciences-humaines-sont-au-pied-du-volcan-merapi-en-eruption_5383471_1650684.html)

- **En Indonésie, vivre avec le volcan**, article de Bruno Philip, 2017

[https://www.lemonde.fr/m-moyen-format/article/2017/02/02/en-indonesie-vivre-avec-le-volcan\\_5073193\\_4497271.html](https://www.lemonde.fr/m-moyen-format/article/2017/02/02/en-indonesie-vivre-avec-le-volcan_5073193_4497271.html)

-----

## Institut de physique du globe de Paris – IPGP

Coopération scientifique entre l'Indonésie et l'IPGP – mission sur laquelle travaille François Beauducel, intervenant du film :

<https://www.ipgp.fr/fr/sismo/indonesie>

## Proposition d'activité préparatoire

**Ressources** : des extraits sonores et des captures d'images issues des films sont disponibles en téléchargement via ce lien : *Lien disponible pour enseignant.e participant*

**Objectif** : introduire le film que les élèves vont découvrir en développant leurs capacités d'imagination, d'observation et d'analyse.

-----

Proposer aux élèves, par étape, d'émettre des hypothèses sur le contenu des documentaires qu'ils vont être amenés à voir. Pour chaque film :

1. Commencer par faire écouter des extraits sonores du film.
2. Présenter aux élèves quatre captures d'images.
3. Enfin, soumettre le titre du documentaire aux élèves.

-----

Captures d'images (elles sont disponibles, en grand format, via le lien de téléchargement ci-dessous).



Copyright images : © EKLA Production - AB Productions

Légende des images :

1. Abords touristiques évacués du volcan Tagkuban Parahu
2. Centre de surveillance du Merapi, volcan le plus dangereux d'Indonésie
3. Evacuation des populations dans le cadre de l'éruption de 2010 du Merapi
4. Nuée ardente

## Extraits du film

Les extraits peuvent être utiles pour les enseignant.e.s en amont du visionnage. Nous conseillons cependant de ne pas montrer les extraits du film aux élèves en introduction du documentaire (nous vous conseillons d'utiliser les captures d'image et les extraits sonores). Nous conseillons en effet de les exploiter plutôt après visionnage, pour remémorer le film aux élèves si nécessaire, à la suite de la projection, avant la participation au RDV en ligne, par exemple.

Les extraits sont visionnables ici : *Lien disponible pour enseignant.e participant*

# Notions et infos clés

## Vocabulaire / notions clés :

- Volcanologie
- Volcan actif / volcan explosif
- Chambre magmatique
- Nuée ardente
- Éruption phréatique
- Dioxyde de soufre
- Instruments de mesure : distancemètre, inclinomètre, sismographe
- Gestion et prévention des risques
- Lien science-société / communication entre chercheurs et populations

## Intervenant.e.s du film :

### Par ordre d'apparition :

- **Hendra Gunawan**, Géophysicien responsable des 127 volcans actifs du pays
- **Devy Kamil Syahbana**, responsable des volcans de l'Est indonésien
- **Charles Yulius Orkris Pah**, technicien
- **Heruningtyas Desi Purnamasari**, géophysicienne
- **Pak Asih**, gardien des clés du Merapi
- **Agus Budi Santoso**, chef de la surveillance du Merapi
- **François Beauducel**, géophysicien à l'Institut de physique du globe, directeur de recherche IRD
- **Sukiman Mochtar Pratomo**, chef et coordinateur du village de Deles
- **Bob Wuaten**, Chef du centre de prévention des catastrophes de Siau

## GRANDS POINTS

-----

### Les volcans dans le monde :

- 500 millions de personnes vivent à proximité immédiate d'un volcan.
- 1500 volcans sont considérés en activité.
- Chaque année, près de 70 éruptions sont enregistrées.

### L'Indonésie :

Pays qui concentre le plus grand nombre de volcans actifs dans le monde. Population : 250 millions d'habitants dont 4 millions vivent dans les zones à haut risque.

Pourquoi une si grande proximité ? Une relation millénaire et des avantages :

- Agriculture : des terres rendues plus fertiles par les cendres volcaniques.
- Ressources pour la construction extraites de carrières aménagées dans les anciennes coulées de lave.
- Beaucoup d'emplois liés au tourisme des volcans.

### La surveillance des volcans

L'Indonésie a une expérience de surveillance et de gestion de crise unique au monde. Le pays compte 127 volcans actifs. 69 d'entre eux sont à **risque élevé** – proches des habitations et donc surveillés en priorité, 24/24.

**4 niveaux d'alerte** : du niveau vert, traduisant une activité normale, au niveau rouge qui annonce une éruption imminente.

La centralisation de la surveillance volcanologique de l'ensemble de l'archipel se fait au Centre de Géophysique et de Volcanologie à Bandung, sur l'île de Java. L'organisation de l'équipe de surveillance des volcans est sans équivalent dans le monde : chaque salarié est responsable de 2 à 5 volcans et un responsable supervise la totalité des salariés.

### Comment mesurer l'activité des volcans ?

Différents instruments de mesure sont placés à proximité ou sur les volcans. Ils permettent de mesurer, entre autres, différents paramètres physico-chimiques :

- pour évaluer la variation de l'activité volcanique :

Paramètres quantitatifs : taille de la chambre magmatique, volume du magma qui remonte... Permet de savoir le volume de l'éruption et donner une alerte juste (importante si besoin, nuancée ou moindre en fonction, pour ne pas impacter la vie des gens si cela n'est pas nécessaire). Paramètres qui permettent directement d'évaluer le risque : jusqu'à quelle distance va aller la nuée ardente, quelle zone il est nécessaire d'évacuer...

- mesures prises en cas d'éruption phréatique pour évaluer les risques et prévenir la venue potentielle d'une éruption magmatique :

*Éruption phréatique : expulsion violente de vapeur d'eau qui peut projeter des cendres jusqu'à 300 mètres – dangereuse seulement dans un périmètre proche du cratère mais impossible à prévoir. Peut être annonciatrice d'une éruption magmatique.*

On mesure (dans le film, mesures faites dans les fumerols) :

- **la température des sources chaudes** : plus la température est haute, plus le magma est proche de la surface,
- **la concentration de dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)** : si cette concentration dépasse le seuil autorisé, le site est interdit au public (risque de graves maladies respiratoires).

*Plus que de permettre d'évaluer si le taux est toxique ou non, l'étude de cette concentration permet, en premier lieu, de prévenir un phénomène éruptif magmatique. Le dioxyde de soufre est hautement soluble dans le magma, qui le transporte jusqu'à la surface. Lors de l'ascension, le changement de*



*pression libère le gaz. Plus la concentration en soufre est élevée, plus le magma est proche de la surface et l'éruption imminente. Ces mesures sont cependant insuffisantes et il est nécessaire de les croiser avec d'autres paramètres (voir prochain point).*

- mesure des variations du volume du volcan :

Méthode des déformations : permet de savoir s'il y a inflation ou déflation du volcan. Inflation : traduit une remontée du magma, une pression qui augmente dans la chambre magmatique et qui fait gonfler le volcan. Elle est signe d'éruption proche ou d'augmentation de l'activité du volcan. Déflation : le magma redescend vers le réservoir.

Instruments de mesure :

**Inclinomètre** : mesure les variations de la pente du volcan

**Distancemètre** : mesure la distance entre deux points fixes. Un rayon infra rouge est émis par la machine de mesure vers un point fixe. Le temps que mettra le rayon à faire l'aller-retour entre la machine et ce point déterminera la distance entre ces deux points. Si la distance change, il y a inflation ou déflation.

D'autres instruments sont utilisés (comme le **sismomètre** qui détecte les petits mouvements du sol).

Variabilité de l'équipement des volcans. Certains ont seulement 3 ou 4 stations GPS ou 1 inclinomètre quand d'autres sont très équipés (voir le Merapi).

### **La volcanologie : une science « hypothétique »**

Cette science préventive ne peut malheureusement pas donner des informations précises sur le moment exact d'une éruption. Différents niveaux d'alerte sont donc déterminés, qui correspondent à des probabilités de danger variables.

L'impact économique d'un élargissement du périmètre d'évacuation autour d'un volcan, en cas d'alerte, est conséquent : des habitants proches, comme les cueilleurs des plantations, perdent temporairement leur emploi. Les récoltes sont interdites et les stands touristiques à proximité sont fermés.

### **Gestion des risques au Merapi**

L'île de Java contient la plus forte densité de population du pays et plus de 40 volcans actifs, tous explosifs. Les volcans explosifs sont les plus dangereux de la planète. L'un des plus dangereux de la planète est le Merapi, tout proche de la ville de Yogyakarta.

Une échelle de 0 à 8 a été mise en place par les Américains pour classer les éruptions explosives. Parmi cette échelle, on retrouve les étapes suivantes :

- 4 : éruption cataclysmique
- 6 : éruption colossale
- 7 : éruption méga colossale, produites tous les 1000 ans.

La dernière éruption du Merapi, datant de fin octobre 2010, était cataclysmique. Elle a duré plus d'une semaine et était le spectacle de nuées ardentes qui ont dépassé pour certaines les 15 kms de distance (400 000 personnes évacuées, près de 300 morts).

Depuis 2018, le Merapi est en niveau d'alerte 2 : sont interdites toutes activités dans un rayon de 3km du sommet. 450 000 personnes vivent cependant dans la zone la plus menacée (3 millions dans un rayon de 30 km). D'où la nécessité de surveiller en permanence ce volcan.

Merapi : le volcan le plus équipé d'Indonésie :

- 5 postes d'observations à la base du volcan
- plus de 70 stations positionnées dans le périmètre le plus proche, composées chacune de capteurs (jusqu'à 5 capteurs différents)
- les stations toutes reliées en permanence par radio à l'observatoire de Yogyakarta.

Le Merapi est un volcan explosif, un volcan à dôme, formé par une lave trop visqueuse pour s'écouler. Un bouchon se forme petit à petit jusqu'à ce que la pression et le volume des gaz soient trop importants et provoquent une explosion ou un effondrement.

**Nuée ardente** : phénomène volcanologique le plus dangereux, notamment provoqué par les volcans explosifs.

La lave visqueuse, ne s'écoulant pas, crée un bouchon. Des gaz sont ainsi accumulés dans la lave et sous le dôme du volcan. Quand la quantité de gaz est trop importante et qu'elle est libérée, un phénomène violent se produit : une avalanche de roches, de cendres et de gaz à très haute température, dévale les pentes du volcan. Les gaz forment un coussin d'air sur lequel glisse l'avalanche qui peut alors atteindre une vitesse impressionnante (600 km/h). Une onde de chocs précède cette avalanche : l'onde détruit ce qui se trouve sur son passage.

Les nuées ardentes du Merapi sont donc extrêmement surveillées (entre le 29 janvier et le 22 septembre 2019 : 108 nuées ardentes, d'intensités différentes).

### **Le gardien des clés, ministre spirituel du volcan**

Problématiques culturelle et religieuse : connaître et étudier les phénomènes ne suffisent pas à éviter les victimes. Un dialogue et une implication des populations locales sont essentiels. La catastrophe de 2010 du Merapi en est la preuve : malgré l'ordre d'évacuation, le gardien des clés du Merapi ainsi que quelques villageois ont décidé de ne pas quitter les zones considérées comme dangereuses et ont trouvé la mort. L'éruption de 2010 a marqué les esprits et démontré la nécessité d'actions d'éducation et de communication avec les habitants.

Pak Asih, nouveau gardien des clés, est un employé d'université et entretient de nouveaux rapports avec les scientifiques. Communication accrue et régulière avec le centre de volcanologie. Le gardien des clés se tient informé de l'évolution du Merapi et peut communiquer en conséquence avec la population. Pak Asih invite, quand nécessaire, le centre de volcanologie à faire des interventions auprès des populations.

Nouveau paradigme : le Mérapi était auparavant vu uniquement comme une zone occupée par des esprits alors qu'à présent le Mérapi est considéré comme un phénomène naturel, surveillé scientifiquement.

La communication est à double sens. La population locale est impliquée dans la prévention et l'alerte : le centre de volcanologie utilise des données et observations récoltées par les habitants. Des intermédiaires, dans chaque village menacé, servent de médiateurs et relaient les informations par radio et réseaux sociaux.

### **Karangetang / sur l'île de Siau**

Les volcans indonésiens sont en évolution constante. Des groupes de scientifiques (géologues, chimistes...) sont régulièrement dépêchés dans différentes zones et îles du pays pour effectuer des analyses (cas du Karangetang, en alerte 3 dans l'activité a soudainement augmenté).

Pour éviter que les scientifiques ne prennent des risques et ne s'approchent de zones dangereuses : utilisation de techniques de mesure à distance. Capteurs installés sur une voiture pour permettre d'obtenir des données rapidement, à distance et à différents endroits.

Exemple : capteurs pour mesurer la quantité de SO<sub>2</sub> dans l'air.

Les variations de ce gaz sont importantes à étudier : en cas d'augmentation, elles démontrent une augmentation de l'activité. Mais une baisse de concentration ne signifie pas une baisse de danger : cette baisse peut être provoquée par la formation d'un bouchon obstruant le cratère et pouvant provoquer une éruption et des nuées ardentes.

Les épisodes ponctuels dangereux des volcans permettent aux équipes de scientifiques de continuer d'installer des instruments et de développer la surveillance progressive des volcans en Indonésie.

## Citations issues du film, pistes de réflexion

« La surveillance moderne est basée sur l'interprétation des données fines de surface, pas visibles à l'œil nu, et qui permet de comprendre ce qui se passe à l'intérieur du volcan, avant qu'il y ait une éruption. Sur les volcans indonésiens, à part le Merapi, qui, lui, est très équipé [...], il y a d'autres volcans en Indonésie qui ont très peu d'instruments de mesure [...]. La plupart de ma recherche [...] c'est arriver à mettre en place des outils de recherche et d'aide à la surveillance, qui peuvent fonctionner même si on n'a pas suffisamment d'instruments. C'est aussi un enjeu complètement scientifique. »

Citation de **François Beauducel**, géophysicien à l'Institut de physique du globe, directeur de recherche IRD

-----

« Cela faisait bien longtemps que le volcan Karangetang n'avait pas fait d'éruption dans le cratère nord et la population qui habite dans cette zone nord ne s'y attendait pas du tout. Lorsqu'on a donné l'ordre d'évacuer, il y a quelques personnes qui ne sont pas parties. Si on prend une mauvaise décision, la conséquence peut être fatale et il peut y avoir des victimes. Et si on décide d'évacuer mais finalement il n'y a pas d'éruption, la conséquence, c'est que la population ne nous fera plus confiance. C'est périlleux comme situation. Imaginons que l'on veuille évacuer encore une fois et que la population ne nous croit plus : il y aura encore plus de victimes. C'est pour cela qu'on doit vraiment faire une évaluation de l'activité du volcan rapidement. »

Citation de **Devy Kamil Syahbana**, responsable des volcans de l'Est indonésien