



École supérieure
du professorat
et de l'éducation
Bretagne

Les grands phénomènes géologiques

**Auteur : Frédéric Puech
Formateur SVT
ESPE de Bretagne**

Objectifs

Ce cours en ligne vous apportera une information de base, richement illustrée, concernant « la géodynamique terrestre ».

La dynamique terrestre est abordée à partir de ses manifestations les plus spectaculaires car pouvant être appréhendées à l'échelle humaine : séismes et volcanismes
Ce thème permet d'introduire la notion d'aléas géologiques et de prévention des risques

Ce cours sur « les grands phénomènes géologiques » est divisé en 3 chapitres :

- Chapitre 1 : volcans et volcanisme
- Chapitre 2 : localisation et origine de l'activité volcanique
- Chapitre 3 : séisme : origine, détection et prévention

Un ensemble d'exercices accompagne chaque chapitre.

Chapitre 1 – Volcans et volcanisme

Les élèves connaissent l'existence des éruptions volcaniques à travers les médias ou les livres. Mais leurs représentations sur le sujet est souvent erronée et se limite à l'aspect spectaculaire.

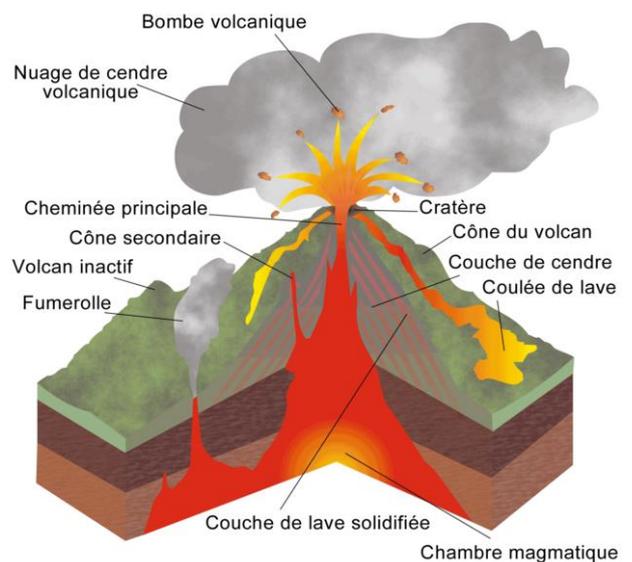
Un volcan est un orifice de la croûte par où s'échappent du magma, sous forme liquide (coulée de lave) ou consolidée (pyroclastes). L'empilement des matériaux émis se traduit en surface par la formation d'un relief plus ou moins important.

Selon la nature des matériaux et le type d'éruption, les appareils volcaniques prennent des formes variées mais dans tous les cas, on parvient à identifier un volcan par ses structures caractéristiques.

1 – Les structures caractéristiques de tout volcan

Un volcan est formé de différentes structures que l'on retrouve en général chez chacun d'eux :

- Une **chambre (ou réservoir) magmatique** alimentée par du magma venant de la fusion partielle des roches du manteau, située entre 10 et 50 km de profondeur : c'est un réservoir et un lieu de différenciation du magma.
- Une **cheminée volcanique** qui permet le transit du magma du réservoir vers la surface
- Un **cratère** où débouche la cheminée volcanique
- **Une ou plusieurs cheminées secondaires** partant de la cheminée principale ou de la chambre magmatique et débouchant en général sur le flanc du volcan (parfois à sa base) : elles peuvent donner naissance à des cônes secondaires
- **Un édifice volcanique** de forme variable formé par l'accumulation des matériaux émis par le volcan (pyroclaste (terme générique pouvant désigner les produits volcaniques émis à l'état solide) – coulée de lave ...)





Caldeira de [Sete Cidades](#) aux Açores

Remarque : La chambre magmatique située à quelques kilomètres de profondeur peut, à l'occasion de grandes éruptions, se vider partiellement, ou même en totalité. Le toit rigide de la chambre magmatique va alors s'effondrer, formant une vaste dépression à fond plat : on parle de **caldeira**

2 – Une classification simplifiée

Autrefois, l'observation de quelques volcans a été à l'origine de la création de catégories basées sur l'aspect des éruptions et le type de lave émise. Chaque type était nommé selon le volcan référent (hawaïen, strombolien, vulcanien, péléen)

Aujourd'hui, les volcanologues divisent les volcans du monde en deux types généraux :

- Les « volcans rouges » aux éruptions effusives relativement calmes et émettant des laves fluides sous la forme de coulées
- Les « volcans gris » aux éruptions explosives projetant des pyroclastes de forme et de taille variable, souvent accompagnés de nuées ardentes et de panaches volcaniques.

2.1– le volcanisme effusif



Piton de la Fournaise (Île de la Réunion) - 2004

Une éruption effusive est caractérisée par :

- l'émission de laves fluides formant des coulées rapides et très étendues
- l'émission d'une lave incandescente, rouge (d'où le nom donné au volcan associé)
- un dégazage facilité provoquant des explosions de "faible" puissance projetant des pyroclastes (bombes, scories ...) retombant autour de la cheminée, ce qui construit un cône à cratère.

La lave émise par les éruptions effusives est de composition basaltique et portée à des températures pouvant atteindre les 1 200 °C. La vitesse d'écoulement de cette lave fluide et la longueur de la coulée dépendent de la viscosité de la lave, de la pente du volcan et du taux d'effusivité (quantité de magma émis par unité de temps)

En se refroidissant, la lave forme une roche volcanique constituée de quelques gros cristaux visibles à l'œil nu, noyés dans une pâte (formée de petits cristaux (microlites non visibles à l'œil nu) et de verre volcanique). La roche caractéristique d'un volcanisme effusif est le **basalte** (roche sombre, **pauvre en silice**)



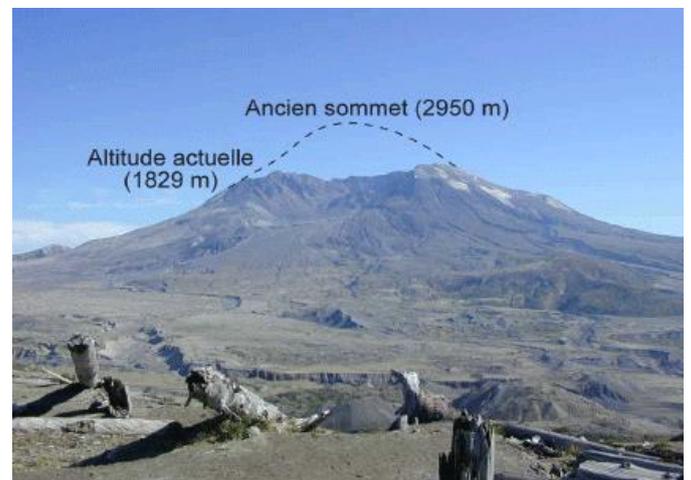
2.2– le volcanisme explosif



Mont Saint Helens avant l'éruption

Une éruption explosive est caractérisée par :

- un magma très visqueux qui progresse difficilement dans la cheminée et l'obstrue
- une accumulation de lave à la sortie de la cheminée, avec constitution d'un dôme ou même d'une aiguille
- un dégazage difficile avec augmentation de pression provoquant de très violentes explosions pouvant décapiter le dôme et s'accompagnant de nuées ardentes et de panaches de cendres



Morphologie actuelle et ancienne du Mont St Helens



Mont Saint Helens (USA) – 1980

Remarque : Une nuée ardente est une coulée pyroclastique, composée de gaz brûlants et de cendres se déplaçant à grande vitesse (de 50 à 600 km/h)

Le magma visqueux à l'origine d'un volcanisme explosif est **riche en silice**.

En refroidissant, il forme une roche volcanique appelée **andésite**, constituée, comme toutes les roches volcaniques, de quelques gros cristaux visibles à l'œil nu, noyés dans une pâte (formée de petits cristaux (microlites non visibles à l'œil nu) et de verre volcanique). L'andésite est une roche claire, grise d'où le nom attribué à ce type de volcan : « volcan gris »



2.3– Bilan comparatif

Exemples de volcans	Mont Saint Helens Montagne Pelée	Piton de la Fournaise Kilauea (Hawaï)
Forme du volcan	Dôme	Cône aplati
Manifestations	Violentes explosions	Fontaines de lave, longues coulées
Qualité de la lave	Visqueuse, riche en silice	Fluide, pauvre en silice
Produits émis	Nuées ardentes, projections d'éléments pyroclastiques (cendres, blocs ...)	Laves fluides et incandescentes (rouge) faibles projections
Conséquences	Diminution de la taille du volcan, coulées de boues, destruction des paysages alentours	A l'origine de la formation et agrandissement d'îles
Type de volcan	VOLCAN EXPLOSIF ou volcan gris	VOLCAN EFFUSIF ou volcan rouge

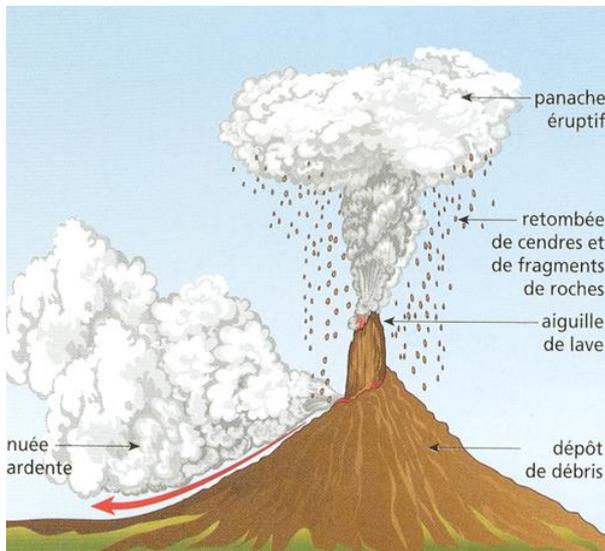


Schéma d'un volcan explosif

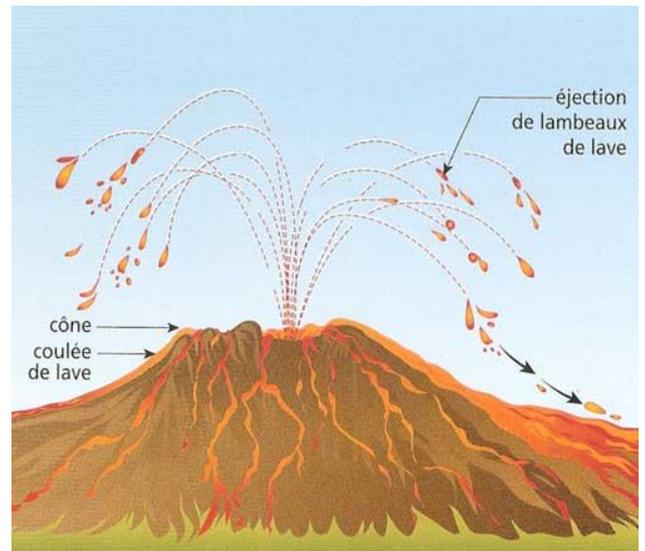


Schéma d'un volcan effusif

La fluidité du magma dépend de sa richesse en silice. Il existe donc un éventail continu de volcans, depuis les plus effusifs (ceux de Hawaï, dont le magma très pauvre en silice est très fluide) jusqu'aux plus explosifs (ceux d'Indonésie ou des Philippines, dont le magma très riche en silice est très visqueux).

Certains volcans peuvent changer de caractère à cause de modifications dans leur alimentation magmatique.

Le magma, formé par fusion partielle des roches du manteau, peut rester, entre deux éruptions, un temps plus ou moins long dans le réservoir magmatique. Durant ce temps de stockage, ce magma va évoluer :

- Un refroidissement lent se produit dans la chambre magmatique permettant la formation de certains minéraux (ceux dont la température de cristallisation reste très élevée)... La formation de ces minéraux épuise le magma de certains éléments chimiques, ce qui va modifier sa composition.
- Une séparation des éléments chimiques s'opère par leur simple différence de densité, les éléments les plus denses se concentrant au fond du réservoir magmatique... d'où une différence de la composition du magma émis en surface selon sa position dans la chambre magmatique.

Ainsi, on a pu relever des épisodes plus ou moins effusifs alternant avec des épisodes explosifs au cours de la longue histoire du stratovolcan des Monts Dore en Auvergne.

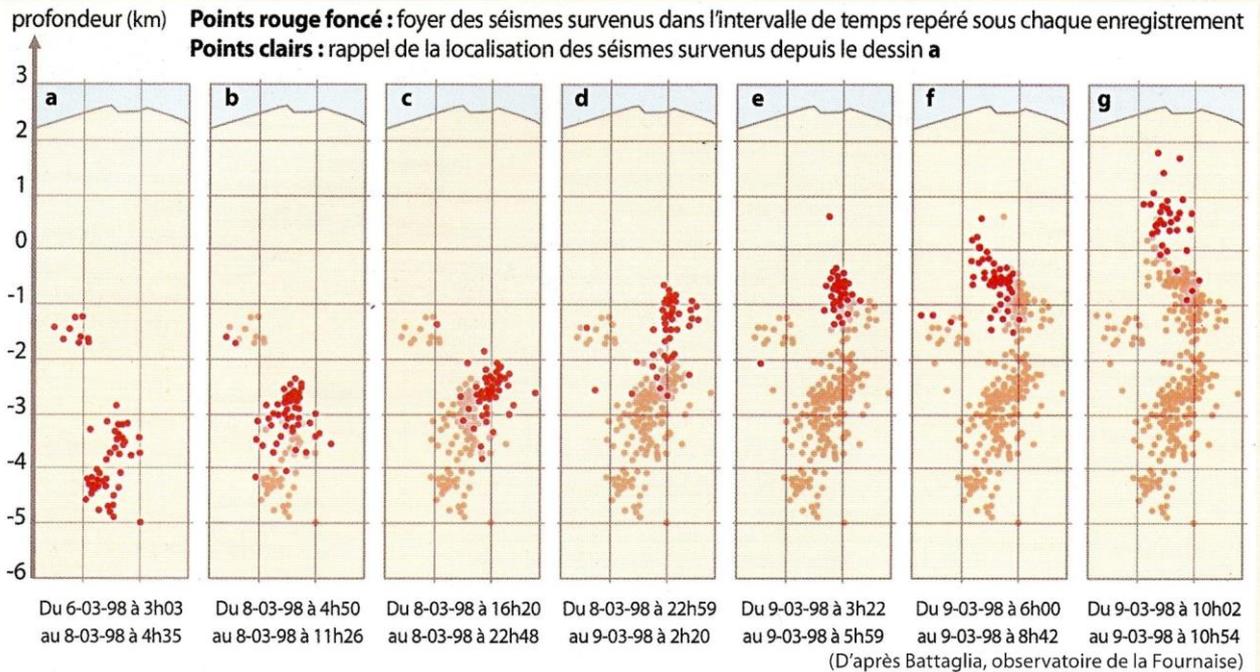


versant sud-ouest du Massif des Monts Dore

3 – Déroulement classique d'une éruption

Une éruption volcanique survient lorsque la chambre magmatique sous le volcan est mise sous pression par l'accumulation du magma provenant du manteau et/ou par l'accumulation des gaz

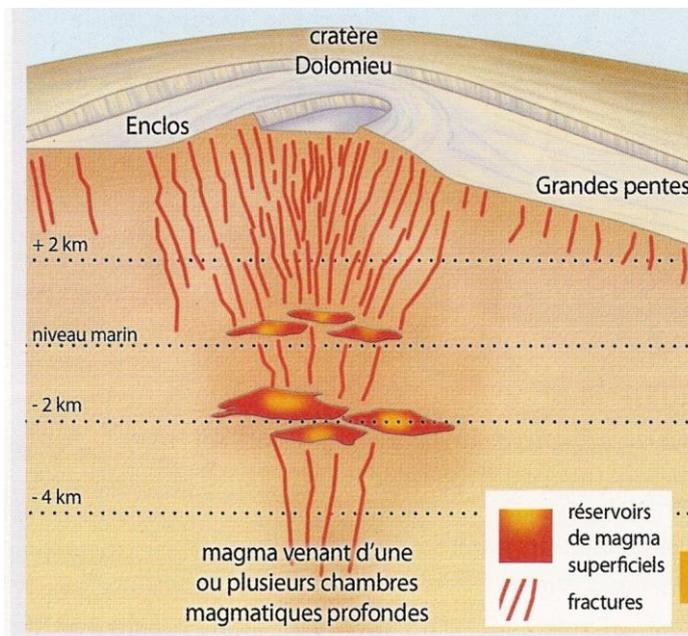
La mise sous pression est accompagnée d'un gonflement du volcan et de séismes très superficiels localisés sous le volcan, signe que la chambre magmatique se déforme.



Localisation des foyers sismiques sous le piton de la Fournaise dans les jours précédant l'éruption de 1998 qui débute le 9 mars et durera 196 jours sans interruption.

4ème - Edition Bordas 2007

Le magma en remontant par la cheminée subit en même temps un dégazage ce qui provoque de petits séismes (se manifestant par une vibration constante et très légère du sol (trémor)), dont les foyers sont concentrés le long de la cheminée



Les séismes ne se produisent pas aux endroits où le **magma** est stocké car c'est une matière fluide. Ils se produisent au-dessous ou au-dessus d'un réservoir quand le magma sous pression fracture les roches environnantes, soit pour gagner un réservoir plus superficiel, soit pour sortir du cratère lors d'une éruption. Au piton de la Fournaise, les enregistrements réalisés sur plusieurs années montrent qu'il n'y a pas de sismicité en dessous de moins 5 kilomètres.

4ème - Edition Bordas 2007

Localisation probable des réservoirs de magma sous le volcan du piton de la Fournaise.

Au cours de l'éruption, les gaz accumulés vont être le moteur de la remontée du magma dans la cheminée volcanique (selon le même principe qu'une bouteille de champagne).

Selon la nature du magma, ce dégazage se fera plus ou moins facilement :

- si le magma est fluide, les gaz arrivés en surface s'évacuent sans contrainte ce qui explique les faibles projections et les coulées de lave observées pour un volcanisme effusif
- si le magma est visqueux, il progresse difficilement et s'accumule au lieu d'émission, formant un bouchon de lave. Les gaz prisonniers se concentrent jusqu'à ce que la pression devienne suffisante pour faire sauter ce bouchon, projetant de grandes quantités de matière consolidée dans l'atmosphère et expliquant le caractère explosif de ce type de volcanisme.

L'accumulation des laves et des matériaux éruptifs éjectés (selon leur taille : bombes, lapilli (2 à 30 mm) cendres (< 2 mm)) construit l'édifice volcanique, dont la forme dépendra de la viscosité de la lave et de sa teneur en gaz.

Remarque : La lave est une roche en fusion émise par un volcan et provenant d'un magma appauvri en gaz lors d'une éruption.



4ème - Edition Bordas 2007

Cas particulier du volcanisme phréatique ou prhéato-magmatique

Certains volcans effusifs présentent un caractère explosif. Cela s'explique par la rencontre de la lave et de l'eau. La présence d'eau sous forme solide (calotte glaciaire, glacier, neige...) ou liquide (nappe phréatique, cours d'eau...) va déclencher une explosion ou augmenter le pouvoir explosif du volcan. En se transformant en vapeur d'eau, l'eau agit comme un multiplicateur du pouvoir explosif.



Eyjafjallajökull (Islande)

D'autre part, la fonte de glace ou de neige peut entraîner les cendres et provoquer des **lahars** (coulées de boues meurtrières / ex : 1985 en Colombie : la ville d'Armero et 23 000 de ses habitants furent ensevelis sous un lahar de huit mètres de haut parti des pentes du [Nevado del Ruiz](#), qui fut provoqué par la fonte de la calotte glaciaire sous la chaleur du magma)



Les coulées de lahar (en gris clair) du volcan [Pinatubo](#) vues depuis l'espace



Dépôts de lahar dans une vallée du volcan [Pinatubo](#) ([Philippines](#))

4 – Prévision éruptive et protection des populations

Les éruptions volcaniques font moins de victimes que les tremblements de terre, les cyclones et les inondations.

Tous les volcans ne sont pas dangereux. Leur dangerosité est liée à leur caractère explosif et les événements associés :

- coulées de boues (lahar)
- nuées ardentes (Vésuve - Pompéi- Italie - 79 après JC)
- destruction des paysages et des récoltes (famine / épidémie : 1815 le Tambora)



L'éruption du millénaire ☐

Les 10 et 11 avril 1815, après 7 mois de phénomènes précurseurs, une éruption paroxysmale (l'une des plus importantes de ses 10 000 ans) décapite le sommet du volcan. Le **Tambora** qui avait une altitude de 4 300 m, perd en quelques heures 1 500 m de hauteur (il culmine actuellement à 2 850 m). Des phases d'explosions violentes accompagnées d'émissions de nuages de cendres durent 24 h et le ciel s'assombrit durant 2 jours jusqu'à 600 km de distance de l'éruption. Le bruit des explosions est entendu jusqu'à 1500 km de là.

Selon les estimations c'est un volume de 150 à 175 km³ de pyroclastites (poussières et cendres) qui est émis. Près du volcan, l'épaisseur des dépôts

atteint une trentaine de mètres, une superficie d'environ 500 000 km² - soit la superficie de la France - est recouverte d'au moins 1 cm de cendres.

Les nuées de cendres et de pyroclastites tuèrent 12 000 personnes. Ultérieurement, suite aux dévastations provoquées par l'éruption, 49 000 habitants des **îles de Sumbawa et de Lombok (Indonésie)** moururent de la famine causées par les cendres qui détruisirent toutes les récoltes

79 - Pompéi –
habitants statufiés

Peut-on prévoir une éruption volcanique ?

Un magma qui précède une éruption s'accompagne de signes décelables en surface. Il existe donc des manifestations volcaniques mesurables :

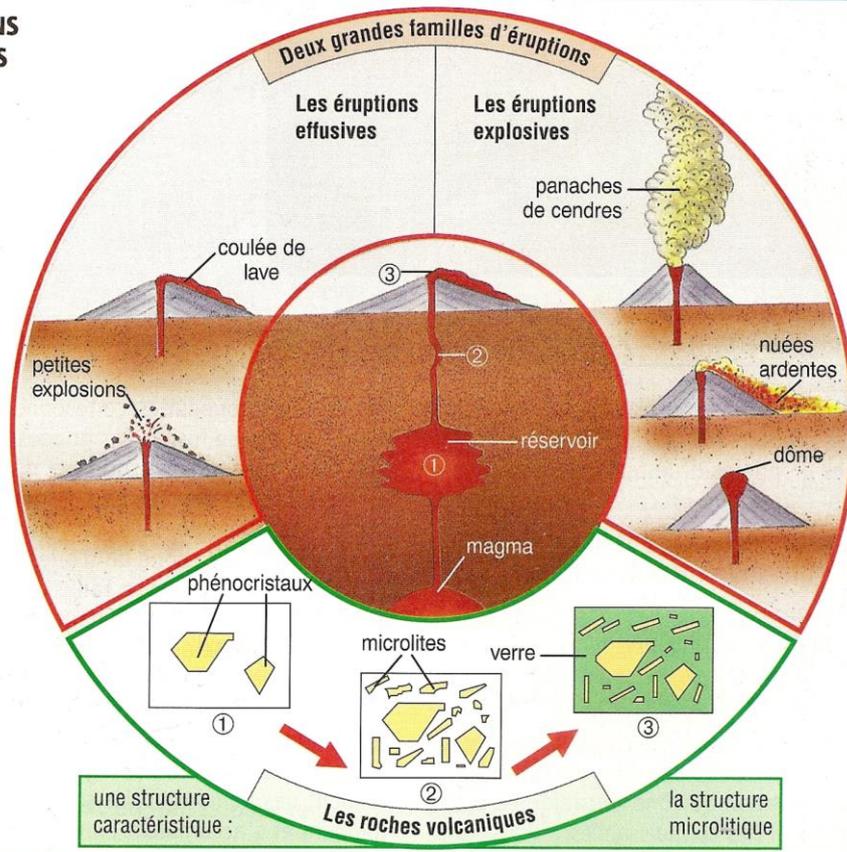
- **L'activité sismique** : les secousses correspondant à la remontée du magma peuvent être enregistrées au moyens de sismographes disposés autour de l'édifice volcanique. La localisation des épencentres donnent des indications sur la situation du magma en profondeur.
- **Les déformations du sol** : la montée du magma et sa mise sous pression entraînent un gonflement de l'édifice volcanique. Cette déformation de quelques millimètres peut être enregistrée par des microréfecteurs placés tout autour du volcan. Des rayons laser dirigés sur eux permettent de déceler d'éventuelles déformations.
- **Les variations de la composition chimique des fumerolles** : l'eau et les gaz qui s'échappent des fissures et du cratère changent de composition en fonction de la distance du magma.
- **L'activité thermique** : elle est évaluée par photographies infrarouges et par mesure directe de la température des sources et des fumerolles.

Parmi tous ces moyens, la détection sismique donne les meilleurs résultats.

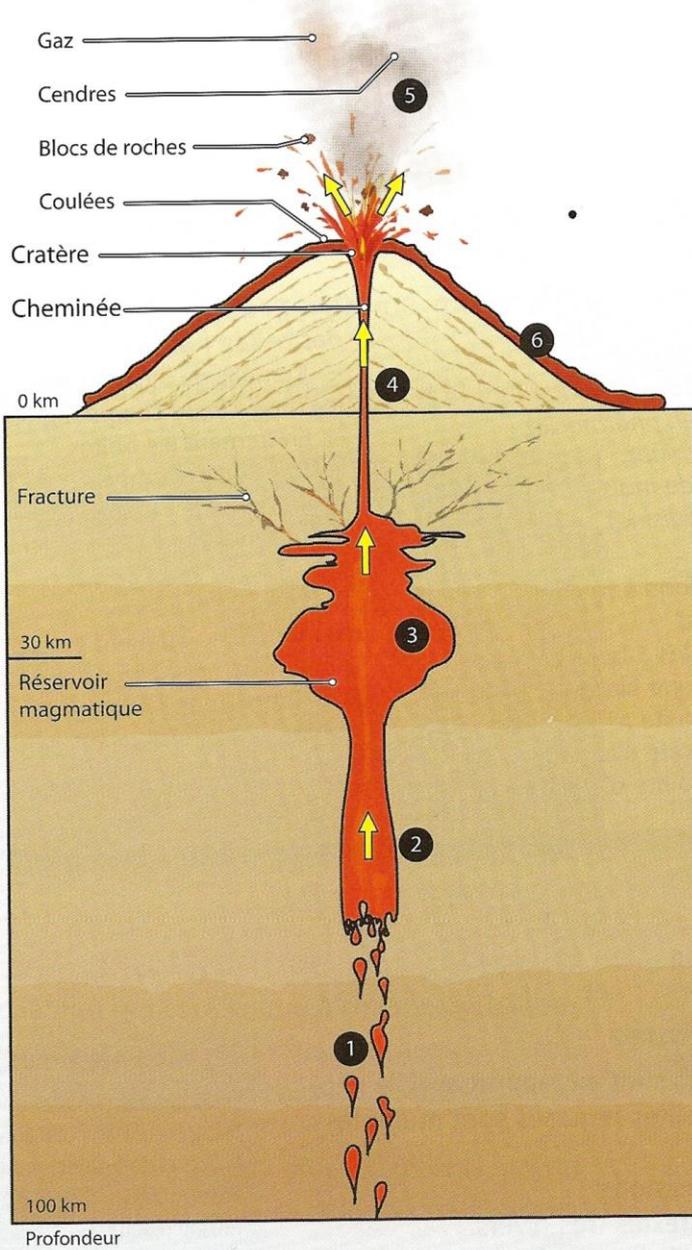
La prévention des éruptions violentes a fait de grands progrès mais tous les volcans du monde ne sont pas équipés de laboratoires de surveillance... le risque volcanique est donc encore une réalité !

5 – Bilan

LES ÉRUPTIONS VOLCANIQUES



Produits émis



6 Retombées et accumulation des produits divers permettant la construction de l'édifice

élevé (dôme de lave visqueuse)	peu élevé (coulées de lave fluide)
--------------------------------------	--

5 Éruption = émission des produits

violente, explosive (nuées ardentes)	peu violente, effusive (coulées de lave)
--	--

4 Dégazage et ascension accélérée de la lave.

3 Stockage du magma.

2 Ascension lente du magma.

1 Formation du magma = matière minérale en fusion.

Le magma est issu de la fusion partielle des roches du manteau (péridotite)