

Les dynamismes éruptifs

Tristan FERROIR

January 14, 2009

Introduction

Les hommes apprécient la vie autour des volcans car en domaine tropical, l'altération des produits volcaniques donnent des sols très fertiles. Cependant, ils représentent un risque majeur aussi.

Les volcans sont des édifices qui résultent de la mise en place en surface de lave. Cette lave provient d'une fusion partielle en profondeur qui forme un liquide silicatée appelé magma. Ce dernier, lors de sa remontée va se séparer en deux phases : une phase liquide, la lave et une phase gazeuse. Selon la proportion de ces deux composantes ainsi que leur caractéristiques physico-chimiques respectives, les volcans vont avoir des morphologies distinctes. Ces-dernières résultent d'éruption volcanique qui mettent en place les différents produits de la décompression et de l'arrivée en surface du magma. Ainsi, l'éruption est un phénomène dynamique qui implique une remontée de magma à cause de la pression de la colonne de roche sur le conduit et/ou la chambre magmatique ainsi qu'à cause de la présence de gaz dans ce magma. Les éruptions vont donc elles aussi être différentes en fonction des caractéristiques physico-chimiques des composants du magma. Le type d'éruption ainsi que la morphologie des édifices sont caractéristiques de ce qu'on appelle les dynamismes éruptifs.

Quels sont les différents dynamismes éruptifs? Quels sont les paramètres qui gouvernent les différents dynamismes éruptifs? Quels risques pour l'homme ces dynamismes éruptifs représentent-ils et comment peut-il les prévenir et s'en protéger?

I Les dynamismes éruptifs sur le terrain

1 Diversité régionale des dynamismes éruptifs à partir de la carte de la chaîne des Puys au 1/25000

- A quelques kilomètres de distance, on peut avoir des dynamismes éruptifs très diversifiés
- Il semble y avoir un lien entre la nature de la roche, sa viscosité et la distance parcourue : Puy de Lassolas ou Puy de la Vache : très longue coulée de trachy-basalte, morphologie de cône. Puy de la Mey, morphologie identique mais coulée

de trachy-andésite beaucoup moins longue. Puy de dôme : dôme trachytique avec des breches d'écoulement et des dépôts de nuées ardentes autour. On peut y voir aussi des maars.

2 Les différents dynamismes éruptifs actuels

- Projection de diapos montrant différents types d'éruption
- Hawaii : fonde le volcanisme de type hawaïen. émission d'une lave extrêmement fluide formant très facilement des coulées de lave qui peuvent atteindre des dizaines de kilomètres de longueur. La lave sort très facilement de la cheminée volcanique en formant des fontaines de lave ou des lacs de lave mais sans explosions, même de moyenne ampleur. Les éruptions hawaïennes sont à l'origine de la construction des volcans boucliers. Exemple : Hawaii à l'heure actuelle.

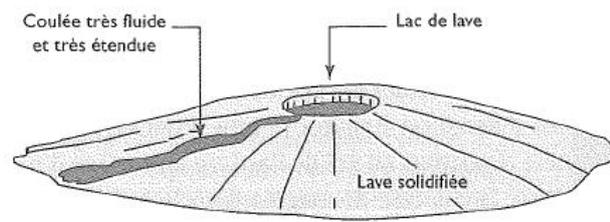


Figure 1: Volcanisme de type hawaïen

- Montagne Pelée : fonde le volcanisme péléen. Emission d'une lave relativement visqueuse formant difficilement des coulées de lave. La lave s'accumule alors au point de sortie en un dôme de lave ou plus rarement en une aiguille de lave qui peuvent exploser ou s'effondrer en formant alors une ou plusieurs nuées ardentes accompagnées d'un panache volcanique pouvant s'élever à des dizaines de kilomètres en altitude. Formation de stratovolcans. Exemple : la Montagne Pelée en 1902.

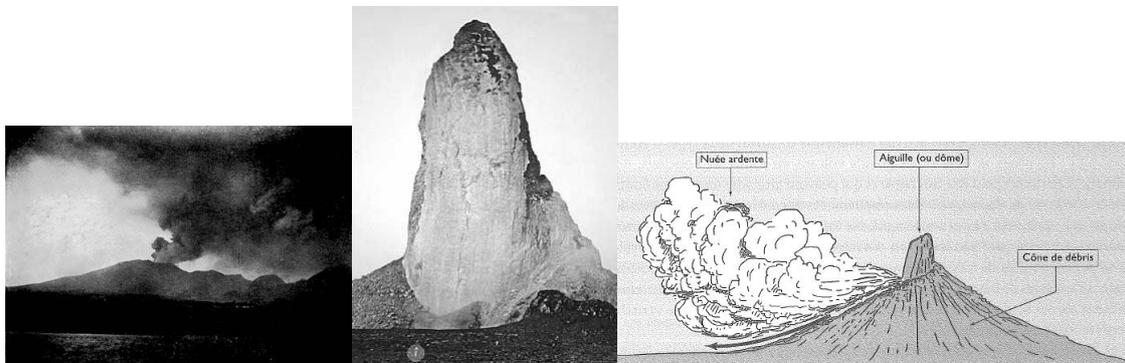


Figure 2: Volcanisme de type Péléen

- Stromboli fonde le volcanisme strombolien. Emission d'une lave relativement fluide formant facilement des coulées de lave. Les explosions de grande ampleur sont atypiques ce qui n'est pas le cas des fontaines de lave qui sont courantes. Il peut y avoir des éjections de lambeaux de laves qui sont disséminés par le vent et retombent sous forme de pluie. Formation de stratovolcans.

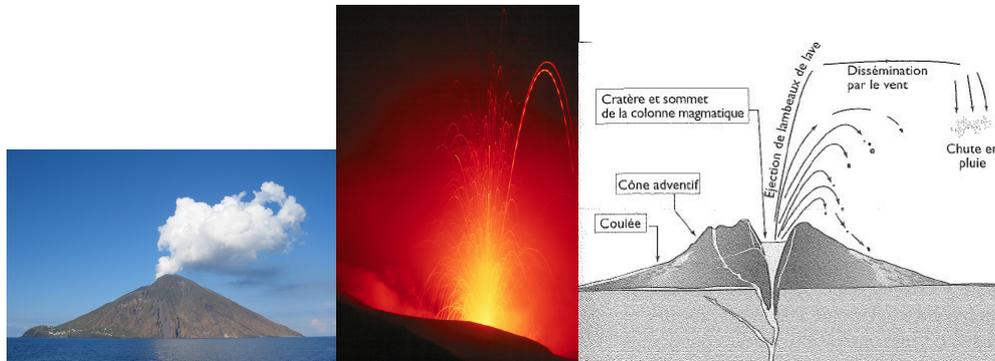


Figure 3: Volcanisme de type strombolien

- Vulcano : fonde le volcanisme vulcanien. Emission d'une lave relativement fluide formant des coulées de lave de faible ampleur. Les explosions modérées, accompagnées de retombées de lapillis et de bombes volcaniques, forment un panache volcanique épais qui peut s'élever à des kilomètres en altitude. Les éruptions vulcaniennes sont à l'origine de la construction des stratovolcans.



Figure 4: Le volcanisme de type vulcanien

II Les paramètres contrôlant les dynamismes éruptifs et le type d'édifices mis en place

1 Les 3 paramètres contrôlant les dynamismes éruptifs

- A partir des observations précédentes on voit que trois paramètres sont dominants dans le contrôle du dynamisme éruptif : la viscosité/fluidité qui va être reliée en grande partie à la chimie (acide VS basique) et la teneur en gaz

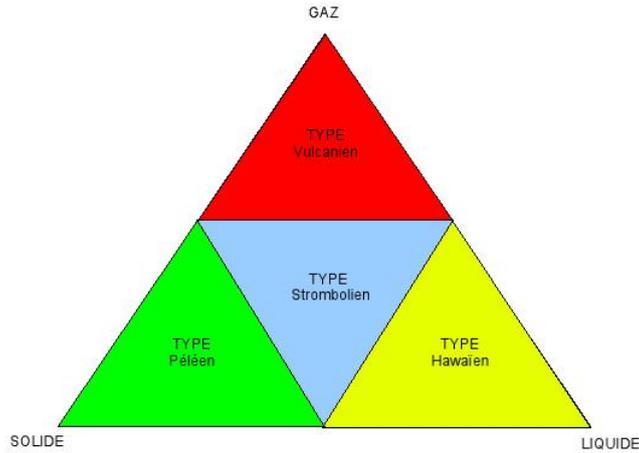


Figure 5: Un diagramme permettant la classification des dynamismes éruptifs

- On replace les dynamismes éruptifs dans le triangle classique.
- Dans tous les cas, plus le magma est visqueux plus il va pouvoir retenir du gaz : c'est donc au premier ordre la viscosité et donc la différenciation du magma qui va contrôler en grande partie le dynamisme éruptif. Chimie des magmas et lien avec la viscosité - structuration du liquide magmatique en rapport avec sa chimie globale.

2 Le dynamisme associé aux magmas basiques

- Ces magmas sont souvent pauvres en volatils
- Mise en place à l'air libre : coulées fissurales, laves pahoehoe (coulent rapidement lors de leur émission, parfois jusqu'à quelques dizaines de km/h puis ralentissent), laves aa (progressent seulement à quelques centaines ou dizaines de m/h), orgues basaltiques, possibilité de formation de tunnels sous-terrains et de lac de laves. Ces mises en place existent à toutes les échelles : les trapps (Ethiopie, Deccan) ou à des échelles plus petites, comme le Massif des Coirons en France. On peut avoir aussi des fontaines de lave. Les édifices sont essentiellement des volcans boucliers ou des cônes stromboliens.



Figure 6: Quelques manifestations de dynamismes éruptifs aériens

- Mise en place sous l'eau : Si ces magmas sont bien dégazés, on peut obtenir des laves en coussins comme ceux observés au niveau des dorsales, où au voisinage des îles volcaniques (Réunion, Hawaii...).

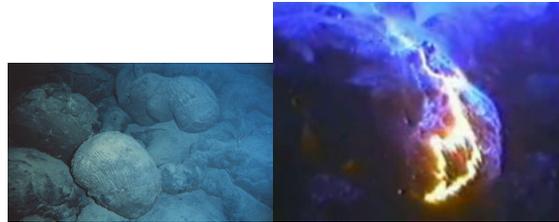


Figure 7: Dynamismes sous-marins

- Les éruptions de type surtseyen (référence à l'île de Surtsey au sud de l'Islande) résultent du contact entre le magma et de l'eau (nappe souterraine « phréatique », lac de cratère). La vaporisation de l'eau augmente l'explosivité de l'éruption. On parle d'éruption « phréatique » ou « phréatomagmatique ». Lors d'une éruption surtseyenne, la surface du volcan se trouve à quelques mètres ou quelques dizaines de mètres sous la surface de l'eau. La pression de l'eau n'est alors plus suffisante pour éviter l'explosion de la lave à son contact. Des explosions « cypressoïdes » (en forme de cyprès) se produisent alors, mélangeant lave et tephres refroidis, eau liquide et vapeur d'eau. Une fois que l'île a émergé, l'éruption se prolonge de manière classique selon le type de magma. Le Surtsey était un volcan sous marin, situé au sud de l'Islande qui à émergé il y a une quarantaine d'années lors d'une éruption qui a duré 3 ans (de 1963 à 1966).



Figure 8: Dynamisme surtseyen

- En Islande ou au Canada, où le volcanisme est important des volcans se sont régulièrement mis en place sous la glace. Ceci peut conduire parfois aussi à un volcanisme de type surtseyen.

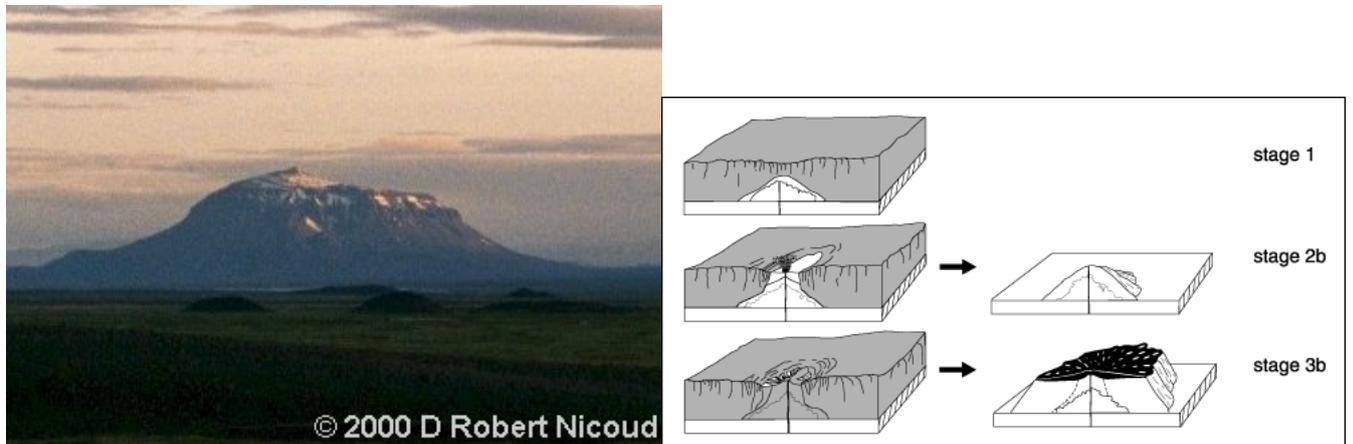


Figure 9: Morphologie et dynamisme éruptifs sous-glaciaire

3 Le dynamisme associé aux magmas acides

- Très étudié car ces magmas peuvent être riches en volatils et donc violemment explosifs. Les gaz dissous dans le liquide magmatique vont s'exsoler à des profondeurs variables, généralement lors de la remontée dans le conduit (cheminée) volcanique lorsque que la pression diminue au dessous d'une certaine valeur.
- Si le magma est très pauvre en volatils, le magma va être uniquement visqueux. Ce fut le cas en 1902 et 1903 à la Martinique lorsque la montagne Pelée lança sur la ville de Saint Pierre un écoulement pyroclastique qui tua près de 30 000 personnes.
- Plin : d'après les chronique de Plin le Jeune sur l'éruption du Vésuve qui rasa Pompei en 79. Emission d'une lave d'une grande viscosité formant extrêmement rarement des coulées de lave. Dans la plupart des cas, la lave a extrêmement de mal à sortir de la cheminée volcanique ce qui entraîne l'augmentation de la pression interne dans le volcan jusqu'à provoquer de gigantesques explosions qui peuvent détruire le volcan en lui-même en donnant naissance à une caldeira. Au cours de ces explosions, un panache volcanique s'élevant généralement à des dizaines kilomètres en altitude. Sous l'effet de la gravite, ce panache s'effondre ensuite sur lui-même entrainant des nuées ardentes. Il y a ensuite un effondrement du volcan sur la chambre partiellement vidée qui crée une caldeira. Les éruptions pliniennes sont à l'origine de la construction des stratovolcans.



Figure 10: Volcanisme de type Plinien

- Ces volcanismes sont souvent associés à des nuées ardentes/écoulement pyroclastique et/ou des ignimbrites.

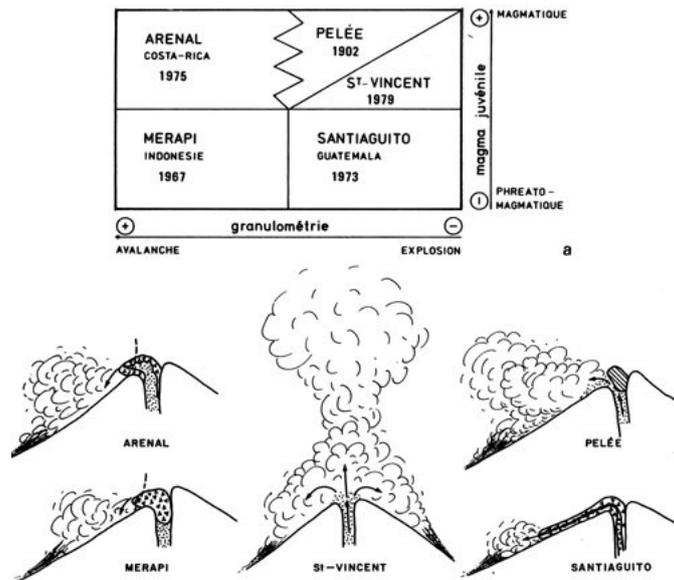


Figure 11: Classification classique des écoulements pyroclastiques

4 Le dynamisme phréatomagmatique

Le dynamisme phréatomagmatique est à l'origine de Maar. Il est indépendant de la chimie du magma et se produit lors de la rencontre entre ce dernier et une nappe d'eau. L'eau est alors vaporisée, augmentant ainsi très fortement la pression en gaz, ce qui engendre une explosion. La différence avec le volcanisme surtseyen se situe au niveau de la quantité d'eau. Dans le cas du dynamisme surtseyen, l'eau est en excès et n'est pas entièrement vaporisée, ce qui diminue la violence éruptive.

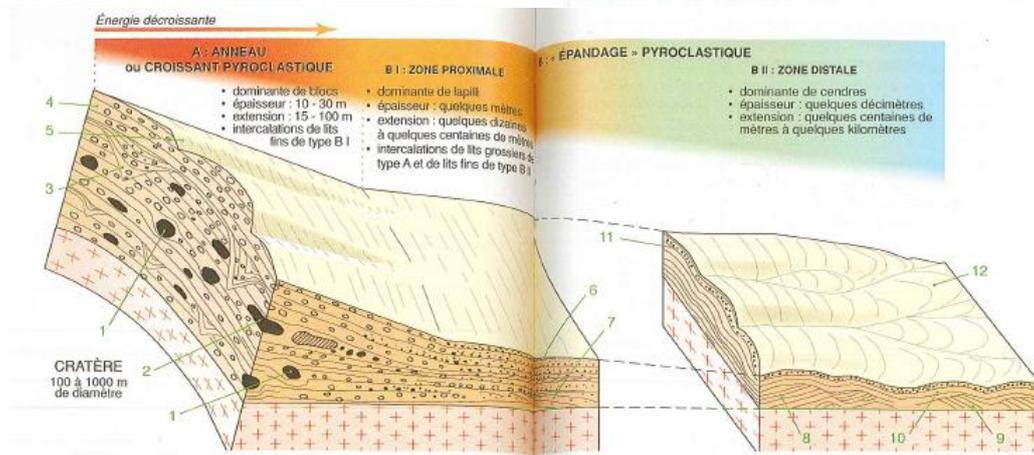
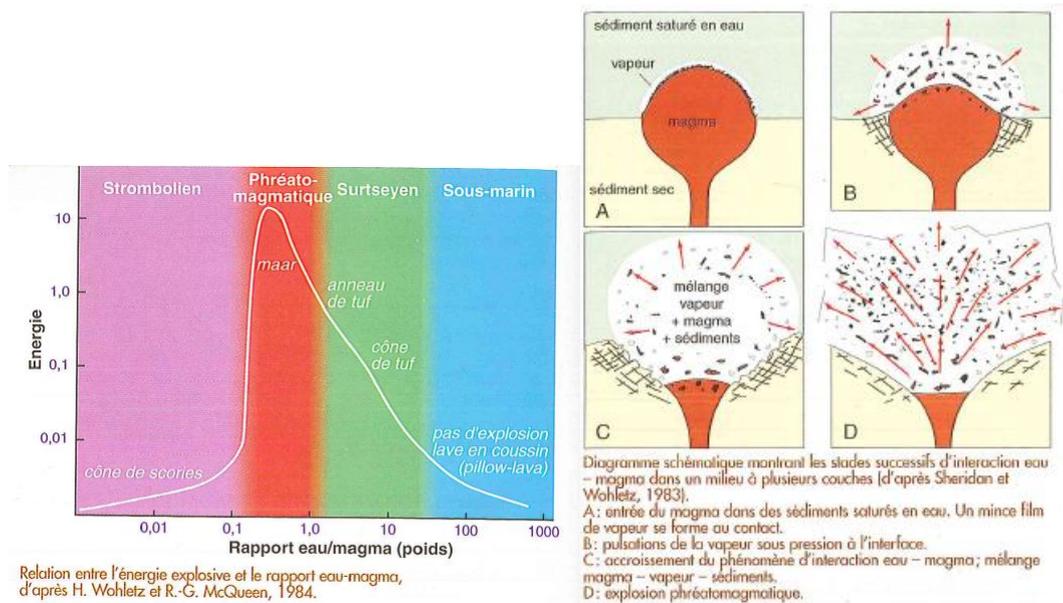


Figure 12: Mécanismes de formation d'un maar

III Les dynamismes éruptifs face à l'homme

1 Les dynamismes éruptifs représentent un danger pour l'homme

- Les coulées de laves ne présentent que des dangers modérés pour les populations mais peuvent détruire de nombreux biens : habitats, voies de communication, cultures. Exemples : Etna, mont Cameroun.
- Les nuées ardentes : nuage de gaz brûlant transportant des blocs et des cendres en suspension qui déferle sur les flancs du volcan. L'ensemble se propage à des vitesses prodigieuses (200 à 600 km/h), à haute température (100-500 degrés). Les nuées ardentes constituent des risques majeurs pour les habitants et leurs biens. Exemples : La montagne Pelée (Martinique, Antilles) fit 28.000 victimes le 8 mai 1902 et 1000 autres le 30 août 1902 ; Soufrière de Montserrat (Antilles) en éruption depuis 1995.

- Les gaz : H₂O (50 à 90 %), CO₂ (5 à 25 %), SO₂ (3 à 25 %). Ils sont parfois émis sans aucun autre signe d'activité volcanique lors d'une éruption limnique. En 1986, au Cameroun, une nappe de dioxyde de carbone est sortie du lac Nyos. Étant plus lourd que l'air, ce gaz a dévalé les pentes du volcan et a tué 1 800 villageois et plusieurs milliers de têtes de bétail dans leur sommeil par asphyxie. Aujourd'hui un système permet un dégazage progressif des eaux profondes du lac.
- Jökulhlaup : lorsqu'un volcan sous-glaciaire entre en éruption, la chaleur dégagée par le magma fait fondre d'énormes quantités de glaces dont l'eau peut s'accumuler car bloquée par des parois rocheuses ou par les bords de la calotte glaciaire elle-même. Lorsque la pression devient trop importante, la barrière qui retenait le lac sous-glaciaire se rompt, libérant d'énormes quantités d'eau. Une importante érosion du glacier se produit alors, l'eau réchauffée entaillant le glacier et pouvant emporter d'énormes blocs de glaces de plusieurs centaines de tonnes.

2 Les dynamismes éruptifs font l'objet d'études poussées

- Observations de terrain : Saint Helens 1981, Pinatubo 1991. Les dépôts : granoclassement, figures de courant etc...
- Modèles : calculs similaires à ceux tirés des essais nucléaires pour le comportement dans les panaches pliniens, bancs d'écoulement : analogues aux coulées pyroclastiques, modèles en silicone (on met un centre de silicone qui simule un centre consolidé et altéré et un mélange de plâtre et sable qui simule une coulée fraîche) : effondrement gravitaires, effondrement de versants

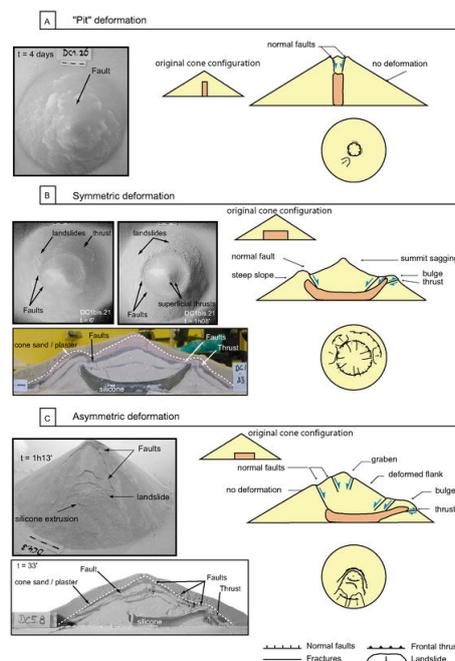


Figure 13: Modélisation analogique des écoulements de versants des volcans

3 Les dynamismes éruptifs ne sont pas figés

Conclusion

Les volcans formant kimberlites doivent présenter un dynamismes éruptif extrêmement explosif qui, de plus, echantillonne des matériaux très profonds. Leur vitesse d'ascension dans la cheminée volcanique est de l'ordre de 5 à 30 m/s. Les gaz quant à eux sont beaucoup plus rapide puisque qu'ils peuvent être ejectés avec certains fragments de roches à des vitesses supersoniques. Les kimberlites provenant de profondeur importante dans les enveloppes terrestres (150-400km), elles ont une importance double : économique car ce sont les roches qui contiennent des diamants et géologique car certains de ces diamants contiennent des "crapauds", c'est à dire des inclusions de minéraux mantelliques provenant des profondeurs d'échantillonnage.

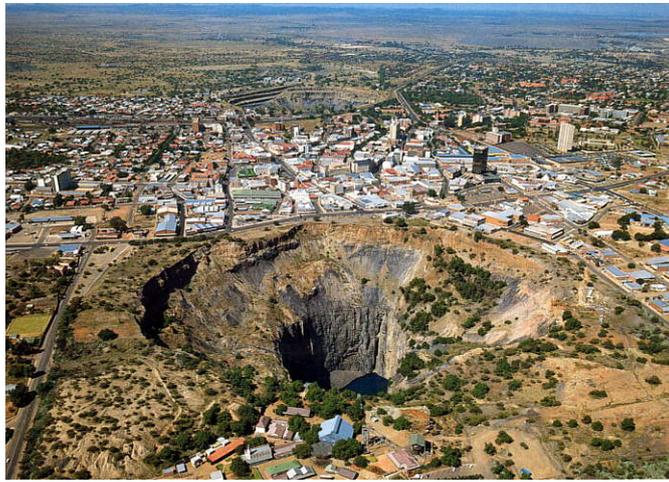


Figure 14: Cratère d'éruption de kimberlites

Bibliographie

- a
- b
- c