

Le Pinatubo (Philippines), vingt-sept ans après

25/03/2019

Auteur(s) :

Frédéric Chevrel

Astronome et naturaliste amateur

Pierre Thomas

Laboratoire de Géologie de Lyon / ENS Lyon

Publié par :

Olivier Dequincey

Résumé

Érosion et remaniement des dépôts volcano-sédimentaires (coulées pyroclastiques, ignimbrites, cendres et lahars) engendrés par la giga-éruption du Pinatubo de juin 1991.

La quasi-totalité des photos présentées ici ont été prises en 2018 par Frédéric Chevrel. Merci à lui d'avoir autorisé Planet-Terre à utiliser ses photographies.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 1. Flancs de la vallée de la rivière O'Donnell qui entaille le versant Nord du Pinatubo (Philippines).

La vache, en bas à droite, donne l'échelle.

Cette vallée existait avant la giga-éruption de juin 1991. Lors de cette éruption, elle a été partiellement comblée par les coulées pyroclastiques et par les retombées de cendres, puis par les lahars qui remaniaient ces dépôts lors des moussons contemporaines de l'éruption (les pluies de mousson ont lieu de juin à septembre aux Philippines) et par les moussons qui ont suivi. Depuis 27 ans, tous ces dépôts sont érodés par la rivière et les pluies, mais le fond de la vallée peut être ré-emprunté par des coulées de boue (de plus en plus faibles et rares, mais qui ont encore lieu 27 ans après), coulées de boue dont le matériel sera re-érodé... et ainsi de suite. Tout cela fait une pile stratigraphique

complexe, avec niveaux indurés ou non, avec du matériel grossier et hétérogène (coulées pyroclastiques, lahars, sédiments torrentiels...), du matériel fin et homogène (retombées de téphras)... Il faudrait être sur le terrain pour caractériser-diagnostiquer ces différentes provenances. Tout ce matériel est de nature dacitique.

L'éruption du Pinatubo (Philippines) en 1991 est la deuxième éruption explosive la plus violente du XX^e siècle (après celle du Novarupta en 1912 en Alaska). Avant 1991, le Pinatubo était considéré comme un volcan endormi "banal", recouvert de forêts et dont la dernière éruption, très mal documentée, datait de 1450 (avant l'arrivée des premiers Espagnols). C'était un strato-volcan typique des zones de subduction, principalement composé de dacite, avec également de l'andésite et du basalte andésitique. Il est constitué d'un empilement de coulées pyroclastiques et de lahars (mot indonésien désignant les coulées de boue d'origine volcanique), recoupés et armés par des dômes. L'éruption de 1991 commença en avril par des crises sismiques, suivies d'une activité phréatomagmatique de plus en plus intense. Les éruptions pliniennes commencèrent le 7 juin. La première explosion violente eut lieu le 12 juin. C'est le 15 juin qu'eut lieu le paroxysme explosif, avec l'éjection de 5 à 10 km³ de matériel. Une partie de ces produits généra des coulées pyroclastiques dévalant le flanc du volcan, parfois suffisamment chaudes pour se ressouder après immobilisation (ignimbrites). Une autre partie retomba sous forme de cendres (téphras) sur les pentes. Une autre partie donna des cendres plus fines retombant plus loin du volcan et/ou atteignit la stratosphère. Les vallées qui entaillaient l'ancien volcan furent remplies de jusqu'à 200 m d'épaisseur de dépôts de cendre, de ponce, d'ignimbrites, de lahars et de blocs provenant de la destruction de l'ancien volcan. Aucune image ou film de ce paroxysme éruptif n'existe, car cette phase majeure eut lieu pendant un typhon de mousson. Pour voir une éruption de ce genre (plus modeste mais en pays quasi-désertique par grand beau temps), voir l'éruption du Lascar en 1993 au Chili ([L'éruption du Lascar \(Chili\), 19 avril 1993 : panaches pliniens et nuées ardentes](#)). Des explosions pliniennes plus modestes (relativement parlant) continuèrent jusqu'à début septembre 1991. Ce sont ces "modestes" éruptions pliniennes postérieures au paroxysme du 15 juin ("modestes" mais déjà très spectaculaires) qui illustrent tous les articles et/ou émissions sur le Pinatubo. Les pluies de mousson remobilisèrent les dépôts retombés sur les pentes et engendrèrent de très puissants lahars. Lors de ces trois mois de 1991, explosions et surtout effondrements décapitèrent le volcan de plus de 250 m. Le sommet fut alors occupé par une caldeira de 2,5 km de diamètre, maintenant occupé par un lac (voir le mode de formation d'une caldeira dans [La caldeira du Cuicocha \(Équateur\) et quelques autres caldeiras à fin de comparaison, figure 5](#)). L'émission d'un dôme eut lieu dans la caldeira durant l'été 1992 (voir un équivalent en Indonésie dans [La mise en place d'un dôme de lave : l'exemple du Paluweh \(Indonésie\)](#)). De petites explosions eurent lieu jusqu'à l'été 1993, et l'éruption cessa.

Depuis la fin des années 1990, le Pinatubo est ouvert à un écotourisme organisé. En novembre 2018, l'un de nous (Frédéric Chevrel, non géologue mais amateur de nature) est ainsi remonté jusqu'à la caldeira sommitale du Pinatubo en suivant le cours de la rivière O'Donnell qui entaille le flanc Nord du volcan. Il en a rapporté des dizaines de photographies. Une sélection de 24 clichés est ici présentée pour montrer ce à quoi ressemble le Pinatubo, 27 ans après le paroxysme de juin 1991. Les photos sont présentées d'aval en amont, en se rapprochant du sommet donc.



Source - © 2019 Google Earth

Figure 2. Aspect du Pinatubo (Philippines) et de sa région en 2018.

La végétation a presque recolonisé tout le secteur, sauf l'aval des grandes rivières encore affectées de lahars/coulées de boues à chaque mousson. Le sommet du Pinatubo et sa caldeira occupée par son lac sont situés au centre de l'image (flèche rouge). Toutes les photos ci-après ont été prises le long de la rivière O'Donnell, entre la flèche jaune (départ du trek, en bas au milieu de l'image) et le lac occupant la caldeira sommitale (flèche rouge).



Source - © 2019 Google Earth

Figure 3. Aspect du Pinatubo (Philippines), même champ et même projection, mais datant de 1994, soit 3 ans après le paroxysme de juin 1991 et 1 an après la fin des éruptions.

La végétation a commencé à recoloniser les versants Nord et Est du volcan sauf au niveau du sommet et des vallées. Le versant Ouest (à droite) est loin d'être recolonisé.



Source - © 2019 Google Earth

Figure 4. Aspect du Pinatubo (Philippines), même champ et même projection, mais datant de 1989, avant l'éruption donc.

Attention, Google Earth a superposé une image 1989 sur la topographie "post-éruption". Si on regarde en détail l'original de 1989 sur Google Earth, on voit donc la caldeira recouverte de forêts. La tache blanche en arrière du Pinatubo ne correspond pas à un autre centre éruptif, mais à une mine de cuivre (la mine Dizon) qui exploite un gisement hydrothermal ophiolitique d'âge créacé à éocène (cf. [Les ophiolites en 180 photos – 7/7](#) [L'hydrothermalisme](#) et [Les mines de cuivre de Chessy-les-Mines, \(Rhône\)...](#)) du socle philippin.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 5. L'aval de la vallée de la rivière O'Donnell (Philippines).

Le versant de la vallée, pourtant pas très raide est entaillé par l'érosion, montrant (1) l'importance de l'érosion en 27 ans, et (2) le caractère très leucocrate (clair) des pyroclastites du Pinatubo.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 6. Détail de l'aval de la vallée de la rivière O'Donnell (Philippines) dans les lueurs du soleil couchant.

Le versant de la vallée est entaillé par l'érosion. On devine une stratification interne aux pyroclastites.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 7. Partie plus étroite de la vallée de la rivière O'Donnell (Philippines).

Cette rivière entaille des dizaines de mètres de pyroclastites claires. Ces pyroclastites (coulée pyroclastique, retombées ponceuses, anciens lahars...) ont rempli l'ancienne vallée de la rivière, avant d'être elles-mêmes ré-entaillées.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 8. Détail des ciselures sur le flanc de la gorge de la rivière O'Donnell (Philippines).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 9. Détail des ciselures sur le flanc de la gorge de la rivière O'Donnell (Philippines).

L'inégalité de la profondeur des "rigoles" d'érosion révèle l'inégalité de l'induration de ces dépôts. Sur la vingtaine de mètre de la falaise, on remarque des niveaux fins (sans blocs et éléments figurés visibles à cette résolution) et des niveaux avec des blocs visibles, des niveaux montrant une stratification interne, d'autres non... Une étude de détail sur le terrain permettrait de distinguer coulées pyroclastiques déposées à chaud, lahars mis en place à basse température, retombées verticales, écoulements...



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 10. Alternances bien stratifiées entre niveaux meubles montrant des ciselures érosives et des niveaux indurés (mis en place à haute température ?), gorge de la rivière O'Donnel (Philippines).

Tous ces niveaux sont globalement sans éléments grossiers visibles à cette résolution.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 11. Alternances bien stratifiées entre niveaux meubles montrant des ciselures érosives et des niveaux indurés (mis en place à haute température ?), gorge de la rivière O'Donnel (Philippines).

Tous ces niveaux sont globalement sans éléments grossiers visibles à cette résolution.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 12. Dans la vallée de la rivière O'Donnel (Philippines).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 13. Dans la vallée de la rivière O'Donnel (Philippines).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 14. Gros plan sur un niveau grossier, sans doute une terrasse torrentielle mis en place tardivement, sans doute il y a quelques années seulement, rivière O'Donnell (Philippines).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 15. Gros plans sur des galets de la rivière O'Donnell (Philippines), échantillonnage aléatoire des roches cohérentes constituant le volcan Pinatubo.

On reconnaît (avec les limites d'un diagnostic uniquement photographique) de la dacite, avec feldspaths (très vraisemblablement des plagioclases dont certains zonés, comme par exemple celui indiqué par une flèche rouge), quartz, ferromagnésiens noir (amphiboles probables)... Ces galets sont diversement altérés et oxydés. Il n'est pas nécessaire de traverser les mers pour trouver de la dacite. Il y en a de très belles sur les plages de Saint-Raphael (Var) et dans les collines avoisinantes, voir [Dacite \(Esterellite\)](#) et [Un volcanisme français ignoré voire « interdit » : le volcanisme andésitique oligocène de la plaque européenne des Alpes franco-suisse](#)s, certaines dacites exhibant même des plagioclases zonés centimétriques [Plagioclase zoné \(Cristal de plagioclase à zonation chimique dans une dacite\)](#).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 16. Gros plans sur des galets de la rivière O'Donnell (Philippines), échantillonnage aléatoire des roches cohérentes constituant le volcan Pinatubo.

On reconnaît (avec les limites d'un diagnostic uniquement photographique) de la dacite, avec feldspaths (très vraisemblablement des plagioclases dont certains zonés, comme par exemple celui indiqué par une flèche rouge), quartz, ferromagnésiens noir (amphiboles probables)... Ces galets sont diversement altérés et oxydés. Il n'est pas nécessaire de traverser les mers pour trouver de la dacite. Il y en a de très belles sur les plages de Saint-Raphael (Var) et dans les collines avoisinantes, voir [Dacite \(Esterellite\)](#) et [Un volcanisme français ignoré voire « interdit » : le volcanisme andésitique oligocène de la plaque européenne des Alpes franco-suisse](#)s, certaines dacites exhibant même des plagioclases zonés centimétriques [Plagioclase zoné \(Cristal de plagioclase à zonation chimique dans une dacite\)](#).

Après ce long cheminement dans la vallée, on arrive à un col qui domine le lac remplissant la caldeira. La topographie locale ne permet pas d'embrasser l'intégralité de la caldeira d'un seul coup d'œil. Des vues aériennes (cf. figure 27) permettent d'en apprécier l'ampleur. D'autres caldeiras, conséquences d'éruptions acides paroxysmales mais morphologiquement plus spectaculaires peuvent être vues sur Planet-Terre. Il y a bien sûr de <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/lmg635-2019-03-25.xml> - Version du 07/04/21

telles caldeiras au niveau de zones de subduction, comme la caldeira du Cuicocha (Équateur) (cf. [La caldeira du Cuicocha \(Équateur\) et quelques autres caldeiras à fin de comparaison](#)) ou celle du Quilotoa (cf. [Le plateau de cendres du Quilotoa, Équateur, et son érosion](#)) également en Équateur et qui montre des très abondants dépôts pyroclastiques.

Mais il ne faut pas oublier que le volcanisme explosif n'est pas exclusif des zones de subduction et qu'on trouve de très belles caldeiras associées à des explosions acides paroxysmales aux Açores, qui sont des volcans de point chaud associés à une dorsale, comme par exemple les caldeiras de Faial (cf. [La caldeira de Faial \(Açores\) et les limites de la \(trop\) "populaire" notion de volcan rouge / volcan gris](#)) et des Sept Cités (cf. [La caldeira des Sept Cités \(Sete Cidades\), île de Sao Miguel, Açores \(Portugal\)](#)) et [Le stratovolcan des Sept Cités \(Sete Cidades, Açores\) : anatomie et composition interne](#)). On en trouve aussi en Islande, aux Canaries... Et "à côté" des caldeiras dues à la vidange explosive d'un réservoir magmatique acide, il existe des caldeiras (en général plus petite) dues à la vidange d'un réservoir magmatique plein de lave basique, comme le cratère Dolomieu à la Réunion (cf. [Effondrement du cratère Dolomieu, caldeira sommitale du Piton de la Fournaise \(île de La Réunion\)](#)).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 17. [En arrivant sur le rebord Nord de la caldeira du Pinatubo \(Philippines\).](#)

Sa forme circulaire est rendue non visible par le piton au premier plan au centre de l'image qui masque la moitié Est (gauche) du "cratère".



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 18. [Détail du rempart Sud-Ouest de la caldeira du Pinatubo \(Philippines\).](#)



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 19. [Détail du rempart Sud de la caldeira du Pinatubo \(Philippines\).](#)



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 20. [Détail du rempart Ouest de la caldeira du Pinatubo \(Philippines\).](#)



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 21. Éboulement dans la paroi de la caldeira du Pinatubo (Philippines).

La zone d'arrachement révèle une variation de nature et de granulométrie de la paroi, en particulier à la base de la zone d'arrachement.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 22. Éboulement dans la paroi de la caldeira du Pinatubo (Philippines).

La zone d'arrachement révèle une variation de nature et de granulométrie de la paroi, en particulier à la base de la zone d'arrachement.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 23. Source ferrugineuse sortant à l'intérieur de la caldeira du Pinatubo (Philippines).

De l'eau réductrice se charge en ions Fe^{2+} en circulant dans des cendres riches en fer (amphiboles...). En arrivant à la surface, ces ions Fe^{2+} sont oxydés en ion Fe^{3+} par des bactéries. On retrouve de telles sources aussi bien en pays volcanique comme aux Açores (cf. [Stalactites, concrétions et encroûtements quasi-stromatolithiques d'hydroxydes ferriques, Lombadas, île de Sao Miguel, Açores](#)) qu'en pays non volcanique comme dans les dunes landaises (cf. [Tourbes et oxydes ferriques : une manière d'étudier les métabolismes bactériens sur les plages landaises](#)).



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 24. Source ferrugineuse sortant à l'intérieur de la caldeira du Pinatubo (Philippines).

De l'eau réductrice se charge en ions Fe^{2+} en circulant dans des cendres riches en fer (amphiboles...). En arrivant à la surface, ces ions Fe^{2+} sont oxydés en ion Fe^{3+} par des bactéries. On retrouve de telles sources aussi bien en pays volcanique comme aux Açores (cf. [Stalactites, concrétions et encroûtements quasi-stromatolithiques d'hydroxydes ferriques, Lombadas, île de Sao Miguel, Açores](#)) qu'en pays non volcanique comme dans les dunes landaises (cf. [Tourbes et oxydes ferriques : une manière d'étudier les métabolismes bactériens sur les plages landaises](#)).



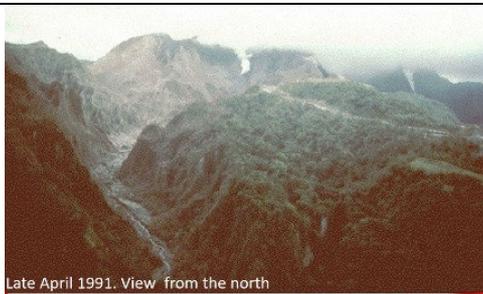
Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 25. Fragments de dacite différemment altérés, ramassés dans la caldeira du Pinatubo (Philippines).

C'est en circulant dans les niveaux perméables de pyroclastites que les eaux altèrent la dacite et se chargent en ions Fe^{2+} à l'origine des sources ferrugineuses comme celle des photos précédentes.

Montrer des photos de l'éruption de 1991-1993 n'est pas l'objet de cet article consacré au « *Pinatubo 27 ans après* ». De très nombreux sites abondent d'images. Citons en trois : [Smithsonian Institution, Global volcanism program, Fire and Mud, USGS](#), et [Pinatubo, Wikipedia](#).

Mais comme les photographies précédentes concernent la rivière O'Donnell et la bordure Nord de la caldeira, nous vous montrons trois couples d'images « *avant-après* » de ce secteur Nord du Pinatubo.



Late April 1991. View from the north



July 14 1994. View from the north

Source - © 1991 – 1994 C.G. Newhall ([6a](#), [6b](#)) / [USGS](#)

Figure 26. Montage photo montrant l'amont de la vallée de la rivière O'Donnell avant (avril 1991) et après (juillet 1994) l'éruption du Pinatubo de 1991.

La photo de 1994 est prise de plus loin que celle d'avril 1991. La quantité de pyroclastites et lahars ayant envahi la vallée et déjà partiellement érodés en 1994 y est impressionnante.



April 16, 1991. View from the northwest

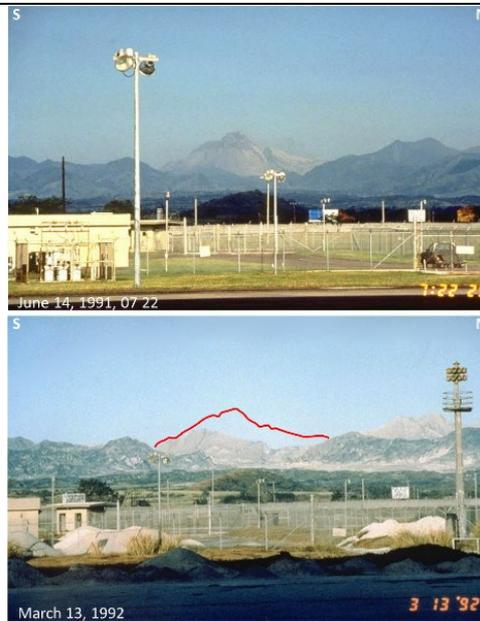


October 5, 1994. View from the northwest

Source - © 1991 – 1994 R.S. Punongbayan ([2a](#), [2b](#) ou [Smin](#)) / [USGS](#) –

Figure 27. Montage photo montrant le sommet du Pinatubo vu du Nord, avant (avril 1991) et après (octobre 1994) l'éruption du Pinatubo de 1991.

La photo « avant » est prise de plus loin et d'un peu moins haut que la photo « après ». Le trait rouge correspond à la morphologie approximative du mont Pinatubo avant la formation de la caldeira. Les photos 17 à 22 ont été prises depuis le bord du petit golfe au premier plan de la photo "après".



Source - © 1991 – 1992 [Rick Hoblitt / USGS](#)

Figure 28. Montage photo montrant le Mont Pinatubo vu avant (14 juin 1991) et après (mars 1992) les éruptions de 1991 depuis la base aérienne de Clark, située à 25 km à l'Est du Pinatubo, et abandonnée après l'éruption de 1991.

Le trait rouge correspond à la morphologie approximative du mont Pinatubo avant la formation de la caldeira. La rivière O'Donnell et l'arrivée du sentier touristique sont situées sur le versant Nord (à droite) là où les événements de 1991 ont le plus étété la montagne.

Et quand on visite l'île de Luzon (la grande île du Nord des Philippines), en plus d'admirer la géologie et la puissance de la nature, on peut aussi admirer le travail et l'inventivité des hommes qui ont réussi à cultiver et à vivre dans des régions qu'on pourrait croire peu propices à l'agriculture, comme dans les célèbres rizières de Banaue, à 230 km au Nord-Nord Est du Pinatubo.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 29. Rizières en terrasse établies sur des versants raides dans la région de Banaue (Philippines).

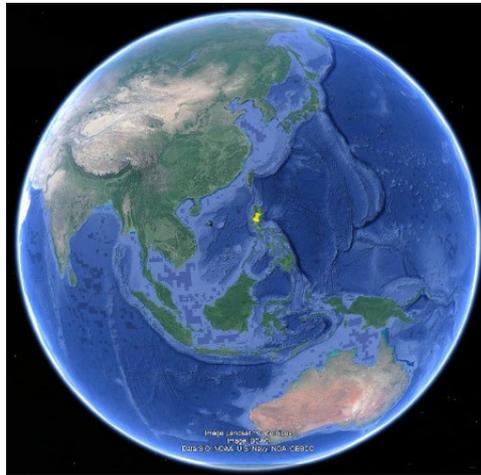
Le personnage en haut à gauche et les maisons donnent l'échelle.



Source - © 2018 Frédéric Chevrel

Figure 30. Rizières en terrasse établies sur des versants raides dans la région de Banaue (Philippines).

Les maisons donnent l'échelle.



Source - © 2019 Google Earth

Figure 31. Localisation du Pinatubo, à l'aplomb de la subduction de la plaque philippine sous l'ensemble Indonésie-Philippines-Mer de Chine-Indochine, ensemble qui fait partie de la plaque eurasiatique.