

Contribution à un simulateur de commandes pour la mission Pléiades

Pierre Briole, Yvan Trembley

▶ To cite this version:

Pierre Briole, Yvan Trembley. Contribution à un simulateur de commandes pour la mission Pléiades. Institut de physique du globe de paris - IPGP. 2001. hal-04821244

HAL Id: hal-04821244 https://hal.science/hal-04821244v1

Submitted on 5 Dec 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Contribution à un simulateur de commandes pour la mission Pléiades

Risques liés au volcanisme

P. Briole, Y. Trembley

Novembre 2001
Institut de Physique du Globe de Paris

Sommaire

Introduction	page 3
Volcans à observer	page 3
Risques liés aux éruptions volcaniques	page 4
Superficie à observer	page 5
Conditions atmosphériques	page 5
Fréquence des éruptions	page 5
Caractéristiques attendues des images	page 6
Simulation des types de commandes	page 6
Documents disponibles	page 8

Liste des figures

Figure 1 : Carte des volcans potentiellement actifs.

Figure 2 : Carte des volcans actifs de janvier 1999 à décembre 2000.

Figure 3 : Ensemble des demandes d'images

Annexes

- Tableau de l'activité volcanique de janvier 1999 à juin 2001.

Introduction

Mille cinq cents volcans sont potentiellement actifs sur Terre (voir figure 1). Un tiers d'entre eux ont été actifs dans les cent dernières années. Actuellement, 10% de la population mondiale vit dans des zones directement sous la menace des volcans potentiellement actifs.

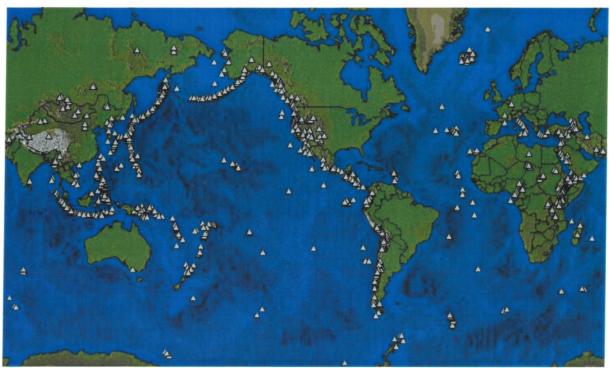


Figure 1 : Carte des volcans potentiellement actifs.

Ce travail a pour but d'alimenter le simulateur de mission Pléiades (C.N.E.S.) en données sur les risques volcaniques. Nous avons tenter de présenter une vision simple mais la plus réaliste possible de l'activité volcanique et des risques qu'elle engendre pour la population.

Volcans à observer

La liste des volcans à observer a été établie à partir des volcans actifs (en éruption ou ayant montrés des signes précurseurs d'une activité) entre janvier 1999 et décembre 2000. Cela représente un total de 106 volcans (voir figure 2). A cette liste, nous pouvons ajouter une trentaine de volcans, non actifs dans la période, mais dont le type d'activité ou la localisation font qu'ils représentent un danger important pour la population. Pour la simulation, nous utilisons la période de janvier à décembre 2000.

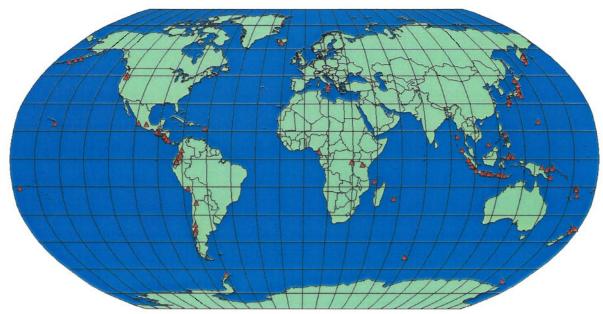


Figure 2 : Carte des volcans actifs de janvier 1999 à décembre 2000.

Risques liés aux éruptions volcaniques

Les risques engendrés par les éruptions volcaniques dépendent en premier lieu de la nature explosive ou effusive du volcan.

En général, les volcans effusifs ne représentent pas, pour la population, un risque vital majeur. L'activité de ces volcans se caractérise principalement par des coulées de lave. La vitesse d'une coulée de lave, une dizaine de kilomètres par heure au maximum (sauf cas exceptionnel comme au Nyragongo), permet l'évacuation des populations. Cependant, ils peuvent provoquer d'importants dommages aux biens et à l'économie. La zone couverte par une coulée de lave est typiquement d'une dizaine de kilomètres en longueur sur quelques centaines de mètres en largeur. La durée des éruptions varie entre les volcans, de quelques semaines pour l'Etna (Sicile) ou le Piton de la Fournaise (Réunion) à une activité quasi continue sur des années pour le Kilauea (Hawai). Des déformations centimétriques de l'édifice, en plus de signaux sismiques, peuvent précéder de plusieurs semaines une éruption.

Les volcans explosifs représentent un danger bien plus important pour la population en raison de la violence et de l'étendu des éruptions. Ils représentent 90% des volcans actifs. L'activité se caractérise par la formation de dômes (diamètre de quelques centaines de mètres, ayant une croissance pouvant atteindre 2 mètres par jour) qui engendrent, par leurs déstabilisations des coulées pyroclastiques et des glissement de terrains. La vitesse de propagation d'une coulée pyroclastique (mélanges de gaz et de roches à haute température) peut dépasser 100 km/h sur des distances d'une dizaine de kilomètres. Les effondrements de caldera (comme au Santorin en Grèce, Krakatau en Indonésie...) ou un effondrement de flanc (comme au Mont Saint Helens au USA en 1980) provoquent des destructions partielles ou

totales à une échelle régionale. Cependant, leur fréquence est réduite, un ou deux événements par siècle.

D'autres risques communs existent entre ces deux types de volcanisme :

- Les panaches de cendres : peuvent s'élever à 30 km d'altitude. Ils représentent un risque majeur pour la circulation aérienne. Ce type d'activité est actuellement surveillée à l'aide des satellites météorologiques géostationnaires.
- Les lahars: mélange de dépôts volcaniques et d'eau (provenant de la fonte d'un glacier sommital ou de précipitations mobilisant des dépôts récents). Ces coulées de boues peuvent causer, plusieurs mois après les éruptions, d'important dégâts jusqu'à une centaine de kilomètres du volcan.

Superficie à observer

Sur la grande majorité des volcans la zone active se limite à une superficie d'environ 5 km x 5 km centrée sur le sommet du volcan. Dans cette zone se concentrent les fissure éruptives, les dômes et les signes précurseurs de l'activité. Une zone plus vaste (10 km x 10 km) regroupe la plus grande partie des dépôts et produits volcaniques. Cette zone peut être excentrée ou étendue en fonction de la présence d'agglomérations dans l'environnement du volcan.

Conditions atmosphériques

La qualité de l'image satellite est non seulement contrainte par les conditions climatiques (présence de nuages, neige...) mais aussi par la présence avant, pendant et après les éruptions de panaches de gaz et cendres. Ce facteur limite la fréquence des observations dans le visible.

Le taux de nuages doit être inférieur à 10% pour les images utilisées pour la création des M.N.T. et inférieur à 25% pour les images de surveillance. Mais, il est a noté que, lors de la croissance d'un dôme par exemple, c'est la présence locale de nuage qui est gênante et non le taux de nuages de l'ensemble de l'image.

Fréquence des éruptions

De janvier 1999 à décembre 2001, l'on dénombre 79 volcans actifs. En moyenne, 17 volcans sont actifs par mois et 9 montrent des signes d'activités. Sur ce nombre, un ou deux se situent à proximité de zones habitées. A noter que le décalage entre le nombre de volcans actifs et montrant des signes d'activités provient essentiellement du manque de données disponibles pour les volcans situés en zones inhabitées ou dépourvues de moyens d'observation continue. En effet, contrairement aux séismes, les volcans n'entrent pas en éruption sans signes précurseurs mesurables à l'aide des moyens actuels de surveillance volcanologique.

Caractéristiques attendues des images

La résolution souhaitée pour les images visible est de 1 mètre ou mieux en mode panchromatique et multispectrales. Une telle résolution permet le suivi de la croissance d'un dôme de lave.

L'heure d'acquisition la plus favorable est 10 h du matin (heure locale). Les images doivent présenter des conditions d'éclairages les plus constantes possibles.

Simulation des types de commandes

La fréquence d'observation d'un volcan dépend de deux paramètres : son activité et la proximité de populations. L'activité volcanique peut de découper en plusieurs phases :

- Inactif: l'imagerie se limite à la prise de vue en condition stéréoscopique pour l'établissement ou la mise à jour de M.N.T. (Modèle Numérique de Terrain).
- Alerte: suite à la détection de signes précurseurs d'une prochaine éruption par des observatoires volcanologiques ou par des stations de surveillance sismique, une surveillance accrue du volcan est nécessaire afin d'appréhender au mieux la future éruption.
- *Eruption* : surveillance régulière du site, la fréquence dépendant du type et de la localisation du volcan.

Pour la simulation 8 cas ont été pris en compte, selon 2 critères : la population présente à proximité du volcan et le type d'activité du volcan. Les 8 cas utilisés dans la simulation sont décrits dans la figure 3. A ces cas, s'ajoutent les besoins en images liés à la création d'une base de données complète, soit 2 images en conditions stéréo par volcan sur un an. Cette base de donnée est destinée à servir de référence pour étudier les déformations des édifices lors des éruptions.

Les priorités d'acquisitions sont établies en fonctions des 2 critères sur une échelle de 0 à 5 (0 : priorité la plus élevée).

Remarque : La création de la base de données se déroulant sur plusieurs années, seulement une trentaine de volcans non actifs sont choisis pour l'année de la simulation.

Les images sont demandées en condition stéréo, sauf pour les demandes en priorité 0 (volcans en zones fortement ou moyennement peuplées). Dans ces zones, nous privilégions l'accès à un grand nombre d'images pour étudier au plus vite les risques.

Le nombre total d'images demandées pour l'année de la simulation est de 5068 pour 115 volcans observés dont 79 actifs.

Les abréviations utilisées comme description dans le fichier MID (rubrique application) sont les suivantes :

- Erup thab : Eruption en zone fortement habitée
- Erup_mhab : Eruption en zone moyennement habitée

- Erup_fhap : Eruption en zone faiblement habitée
- Erup_ihap : Eruption en zone inhabitée
- Aler_thab : Etat d'alerte en zone fortement habitée
- Aler_mhab : Etat d'alerte en zone moyennement habitée
- Aler fhab : Etat d'alerte en zone faiblement habitée
- Aler ihab : Etat d'alerte en zone inhabitée
- Base_volc : Base de données des volcans actifs

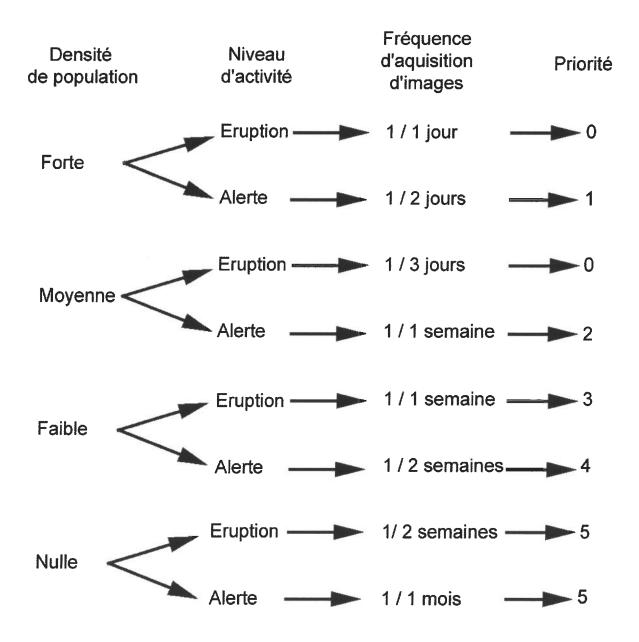


Figure 3 : Ensemble des demandes d'images

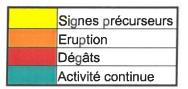
Documents disponibles

- Fichier MIF et MID des demandes d'images de janvier à décembre 2000 (au format du simulateur de mission Pléiades).
- Fichier Excel des volcans actifs de janvier 1999 à juin 2001, contenant les coordonnées, durée et type d'activités des volcans.

ANNEXE

Tableau de l'activité volcanique de janvier 1999 à juin 2001

Légende :



Natical Lewotobi Loton-empung 11	10
----------------------------------	----

1		46	42.53	140.83	731	Japon											Γ	Ι	I				I	Ι	Ι				T		Ι	
Ruapehu White Island Bandai Fuji Iwate Kikai Kirishima Komagatake Mivake Ilma Sakura ilma Suwannee Ilma	Billi ocompano	45	29.53	129.72		Japon																										
Sakura iima	and an inches	44	31,58	130.67	1117	Japon																										İ
Mivake iima		43	34.08	139.53	815	Japon																							Secretary of the last		STREET, STREET	
Komaga take		42	42.07	140.68	1140	Japon																										
Kirishima		4	31.93	130.87	1700	Japon																										
Kikai	ç	0	30.78	130.28	717	Japon																										
Iwate	90	800	8	141	56	Japon Japon Japon				1	1			1																		
ii Fuji	ac		35.35	140.08 138.73	3//8		L	-	-	1	1	1	1	-																		
Banda	27	010	0./6	140.0		Japon																										
White Island	36	200	20.10	87.778	351	New Zealand New Zealand New Zealand																										
Ruapehu	35	30.00	20.00	173.57	2112	New Zealand																										
Rotorua	34	38.08	20.00	75.7		New Zealand																										
Yasur Niuafo'ou	33	15.6	П		-	longa																										
Yasur	32	-19 52	460.42	384		/anuaru							I		I	I		I						I	I		I					
5	31	5	18B 34B	1413		vanuaru	1					T	İ				1	ı					1		Ī	1	İ	1		1		
Aoba	8	-15.38	187.89	1496	1	Variuatu						T			I	Ī	T	Ī								T	I	Ī	T	T		
		-16.25			Venning	name			THE REAL PROPERTY.	The state of the s																						
	28	-5.04	151.34	2334	Spring Now Chines	ahra waw aniina																										
Mandali	27	4.271	152,203	889	anis New Guines	Boundary and																										
90	97	-4.1	145.06	1807	Papus New Guinea P																										Hard Control	The same of the sa
36	22	5.53	148.42	1330	Papua New Guinea																											
24	000	-9.00	150.92	200	Papua New Guinea Papua New Guinea Papua New Guinea Danus New Guinea Danus New Guinea																											

	Altar	88	-1 67	-78.42	5321	Equateur													I					T					I	I		T		I
	oum Sister	67	44.1	-121.77	3157		T			Ī											Ī	Ī	Ī						Ī					
ŀ	0000	98	45.374	121.69	3428	USA		t	†	1	1				_			l		t	t		T	T		r		t	t	t	+	t	t	t
Mahadala	manama			-163.97	1		т																						Ī					
	Manea	64	19.425	-155.292	1222	Hawaii					ı	Ī	1					l											ı					
Southing Hille	CIIII DIGITION			-62.18																			Ī											
Mc Doesld leised Soufriem Lille Klinnes Shickelein Mana	Nigor Pipulo Au	62	-53.03	72.8	186	Océan Indien											_																	
Heard	1	61	-53.106	73.513	2745	Océan Indien								1																				
Jamen Island		8	12.29	93.88	305	Inde								1																				
Karthala		26	11.75	43.38	2361	Comores																												
Tolbachik Cleveland Makushin Piton de la Fournaise Karthala Barren Island		RC	-21.23	55.71	2631	lte de la Réunion																												
Makushin F	22	200	93.8	100.83	2038	Aleutian											1									1	Ī							
Cleveland	22	000	20.26	CA ADI-	1/30	Aleutian																												
Tolbachik	24	20 27	00.00	100.33		Kamchatka																												
Shiveluch	24	20.00	00.00	00.101	2263	Kamchatka Kamchatka													-						-									
Mutnovsky	53	52 AE3	450 405	200.00	7707	Kamchatka																												
Karymsky Kliuchevskoi Mutnovsky Shiveluch	52	58.08	180.84	4836	- 80	Kamchatka																												
Karymsky	21	54.05	150.43	1538	200	Kamchatka																												
	20	52.558	158.03	1820	,	Kamcharka Kamcharka																												
Bezmianny	48	55.98	160.59	2882		Namchatka																												
Jackson Segment Bezmianny	48	42.15	-127.05	0	AIT Dealth	INE PAGIIQUE																												
Anyı	47	20.43	145.03	-137	Marinos lelmos	Walterla Island																												

28 2.87 4.865 28 7.877 4.865 28 7.878 7.878 3 5.955 4600 5.321 45 Colombie Colombie Colombie	agua riciiliciia	unguranua	Sabancaya	Copahue	-laima	Lascar P	ucegue riciilicria I unguranua Sabancaya Copahue Llaima Lascar Planchon Peteroa Villamica Cerro	lamica Ce	Negro	Huila P	Purace	Rulz Co	Concencion	Magava	Momotombo	Con Caladahal			1				
	ĝ	70	71		73		75	78	t	+	+	00				IBOONE IN HEA	- 11	Wenai	Irazu	Poas	Rincon de la Vieja	Turrialba	Izalco
-78242 -7118 -7117 -7113 -8173 -7057 -71183 -7179 -7123 -712	-0.171	-1.467	-15.78		38.69	-23.37	t	╀	+	+	-	1	14 620	82	83	25	88	98	87	88	88	06	91
Figure Patrol Argerine Chia	-78.598	-78.442	-71.85	$\overline{}$.71.73	-67.73		╀	t	+	+	1	11.038	11.984	12.423	12.702	12.603	10.483	9.98	10.2	10.83	10.03	13.813
Equation Perou Agentine Chia Chia Chia Chia Colombe Colombe Colombe Colombe Nicaragua	4784	5023	2965			5592		╀	t	+	+	1	770.07	-60.101	-86.54	-87.004	-86.845	-84.703	-83.85	-84.233	-85.324	-83.77	-89 633
Neargua Neargu	Equateur	Equateur			Chilli	Chili				lamble Co.	200			000	1258		1061	1857	3432	2708	1916	3340	1950
								H	-	2	Monthage of			Nicaragua	Nicaragua		Nicaragua	Coasta Rica	Coasta Rice	Coasta Ric	a Coasta Rica	Coasta Rica Salvador	Salvado
	THE REAL PROPERTY.					-		+	1	-													
				1	1																		
				1	1	1																	
										-	-												
											-	+											
									-	-	1												
						-				+	1												
				-	T																		
					1	+																	
			T		1	1																	
				-	1	-																	
			1								-												
										-	+			1									
												+	1										
										1	1	1											
						-			1	1		1											
					T	-																	
					1	-																	
				-																			
					1	1																	
										-				1									
											+												
				-					-	1	\dagger	t	I	1									
								+	-	1	+	1											
					T			+	-		1												
				1	1																		
					1	1		1			+												
				-		+																	
				1							-												

	Sturge Island	107	-67.4	164.83	1167	Satieny Islands								I					I			Bearing Street		
	8	90	-62.97	-60.65	976	Antartica																		
	Nyiragongo	105	-1.52	29.25	3469	RD Congo							Ī											
[Nyamuragira	\$	-1.408	29.2	3058	RD Congo																		
Santa Ana Santa Maria Collina Poporateneri Hekia Katta Etra Strombotti Me Comment Committee	OI Doingo Lengar	103	-2.751	35.902	0697	Tanzania												September 1						
All Comments	wit. Carrieroun	701	7.4	4008	0004	Cameroun																		
Strombott	Strong Strong			12.21		Raise													Name and Address of the Owner, where					
i	5	3 10	2	1512 3315		logiand Italie	-										-							
1	9	00 00	20.00	1612		Ioman																		
Hokla	8	82.00	40.40	1491	The Paris	ICEI GER																		
Popperatenet	07	L	L	5426		MEXITEE																		
Colima	8	19 514	103.82	3850	Mavience	anavidor.																		
Santa Maria	58	Т	Т	3772	Gustomala							Sec. 11. 11. 11. 11. 11. 11. 11. 11. 11. 1												
Santa Ana	8	13.853	-89 63	2365	Guatemala Guatemala Guatemala																			
Pacaya	83	14.38	-90.6	2552	Guatemala																			
Fuego	85	14.47	-90.88	3763	Guatemala					-														

Contribution à un simulateur de commandes pour la mission Pléiades

Corrections apportées au document de Novembre 2001 - Version 17 Juillet 2002

Sur les 115 volcans étudiés durant l'année de référence (2000), 77 sont considérés avec des signes d'activité (tous les volcans ont été étudiés au cas par cas par Pierre Briole).

Correction de la couverture nuageuse

- couverture nuageuse maximale de 10 % si création de M.N.T.
- couverture nuageuse maximale de 25 % pour le suivi
- couverture nuageuse de 0 % pour la génération de MNT pour la constitution de la base volcanique

Résultat:

17 Juillet 2002

Mono 2652

<u>Stéréo</u> 614 + 614

Total 3266 3880

Nouvelle estimation des demandes d'images :

Densité de population	Niveau d'activité	Fréquence d'acquisition des images et couv. nuag.	Dénomination	Priorité
Forte <	Eruption → Alerte →	1 / 1 jour - 25 % 1 / 3 jours - 25 %	1 : Erup_thab 2 : Aler_thab	0
Moyenne <	Eruption → Alerte →	1 / 3 jours - 25 % 1 / 1 semaine - Stéréo - 10%	3 : Erup_mhab 6 → 4 : Aler_mhab	
Faible	Eruption —	1 / 1 semaine - 25 % 1 / 1 mois - Stéréo - 10 %	5 : Erup_fhab 6 : Aler_fhab	3
Nulle <	Eruption -	1/1 mois - Stéréo - 10 % 1/1 mois - Stéréo - 10 %	•=	5
Base des volcans	► Suivi →	► 1/1 an - Stéréo - 0 %	→ 0 : Base_vo	lc 5

Num	Latitude	Longitude	Altitude	Nom
1	-8,24	115,37	1717	Batur
2	-7,9	113	2329	Bromo
3	-4,03	103,13	3173	Dempo
4	1,48	127,63	1325	lbu
5	-8,058	114,242	2386	ljen
6	-8,73	120,98	1559	Inielika
7	-3,52	102,62	1952	Kaba
8	2,47	125,29	1784	Karangetang
9	-7,93	112,31	1731	Kelut
10	-1,69	101,27	3805	Kerinci
11	-6,1	105,42	813	Krakatau
12	-8,53	122,78	1703	Lewotobi
13	1,36	124,79	1580	Lokon-empung
14	-0,38	100,47	2891	Merapi
15	-7,54	110,44	2911	Marapi
16	4,92	96,33	2780	Peuet Sague
17	2,28	125,43	725	Raung
18	-8,18	119,06	1949	Sangeang Api
19	8,11	112,92	3676	Semeru
20	-7,24	109,21	3418	Slamet
21	1,11	124,73	1784	Soputan
22	-7,94	112,95	2329	Tengger Caldera
23	13,257	123,685	2462	Mayon
24	-9,68	150,92	500	Esa'ala
25	-5,53	148,42	1330	Langila
26	-4,1	145,06	1807	Manam
27	-4,271	152,203	688	Rabaul
28	-5,04	151,34	2334	Ulawun
29	-16,25	168,12	1334	Ambrym
30	-15,38	167,83	1496	Aoba
31	-16,507	168,346	1413	Lopevi
32	-19,52	169,43	361	Yasur
33	-15,6	-175,63	260	Niuafo'ou
34	-38,08	176,27	757	Rotorua
35	-39,28	175,57	2779	Ruapehu
36	-37,52	177,78	321	White Island
37	37,6	140,08	1819	Bandai
38	35,35	138,73	3776	Fuji
39	39,85	141	2041	lwate
40	30,78	130,28	717	Kikai
41	31,93	130,87	1700	Kirishima
42	42,07	140,68	1140	Komaga take
43 44	34,08	139,53	815	Miyake jima
44	31,58	130,67	1117	Sakura jima
	29,53	129,72	799	Suwanose jima
46 47	42,53	140,83	731	Usu
47	20,43	145,03	-137	Ahyi
48	42,15	-127,05	-3000	Jackson Segment
50	55,98	160,59	2882	Bezmianny
50	52,558	158,03	1829	Gorely
51	54,05	159,43	1536	Karymsky
52	56,06	160,64	4835	Kliuchevskoi
53	52,453	158,195	2322	Mutnovsky
55	56,653	161,36	3283	Shiveluch
56	55,83 52,82	160,33	3682	Tolbachik
57	52,82	-169,95	1730	Cleveland
5/	53,9	-166,93	2036	Makushin

1305145 longild

Piton de la Fournaise	2631	55,71	-21,23	58
Karthala	2361	43,38	11,75	59
Barren Island	305	93,88	12,29	60
Heard	2745		-53,106	61
Mc Donald Island	186	72,6	-53,03	62
Soufriere Hills	915	-62,18	16,72	63
Kilauea	1222	-155,292	19,425	64
Shishaldin	2857	-163,97	54,75	65
	3426	-121,694	45,374	66
Hood	3157	-121,094	44,1	67
South Sister				68
Altar	5321	-78,42	-1,67	69
Guagua Pichincha	4784	-78,598	-0,171	
Tungurahua	5023	-78,442	-1,467	70
Sabancaya	5967	-71,85	-15,78	71
Copahue	2965	-71,17	-37,85	72
Llaima	3125	-71,73	-38,69	73
Lascar	5592	-67,73	-23,37	74
Planchon Peteroa	4107	-70,57	-35,24	75
Villarrica	2847	-71,93	-39,42	76
Cerro Negro	4445	-77,964	0,828	77
Huila	5365	-76,05	2,92	78
Purace	4600	-76,38	2,37	79
Ruiz	5321	-75,323	4,895	80
Concepcion	1700	-85,622	11,538	81
Masaya	635	-86,161	11,984	82
Momotombo	1258	-86,54	12,423	83
San Cristobal	1745	-87,004	12,702	84
Telica	1061	-86,845	12,603	85
Arenal	1657	-84,703	10,463	86
lrazu	3432	-83,85	9,98	87
Poas	2708	-84,233	10,2	88
Rincon de la Vieja	1916	-85,324	10,83	89
Turrialba	3340	-83,77	10,03	90
Izalco	1950	-89,633	13,813	91
Fuego	3763	-90,88	14,47	92
Pacaya	2552	-90,6	14,38	93
Santa Ana	2365	-89,63	13,853	94
Santa Maria	3772	-91,552	14,756	95
	3850	-103,62	19,514	96
Colima	5426	-98,622	19,023	97
Popocatepetl	1491	-19,7	63,98	98
Hekla	1512	-19,7	63,63	99
Katla	3315	15	37,73	100
Etna	926	15,21	38,79	101
Stromboli		9,17	4,2	102
Mt. Cameroun	4095	35,902	-2,751	102
Ol Doinyo Lengai	2890	29,2	-1,408	103
Nyamuragira	3058	29,25	-1,408	104
Nyiragongo	3469			105
Deception Island	576	-60,65	-62,97	107
Sturge Island	1167	164,83	-67,4	107
Vesuve	1281	14,43	40,82	
Campi flegrei	458	14,139	40,827	109
Misti	5822	-71,409	16,294	110
St Helens	2549	-122,18	46,2	111
Terceira	1023	-27,32	38,73	112
Martinique	1397	-61,17	14,82	113
Guadeloupe	1467	-61,67	16,05	114
Pinatubo	1486	120,35	15,13	115

23,327-39,42