



Société Géologique de France

Section de Volcanologie

<http://sgfr.free.fr/>

Chers adhérents,

Voici le bulletin 61 de la section de Volcanologie de la Société Géologique de France, avec quelque retard dû à des déplacements de personnels. Nous vous prions de nous en excuser.

Nous vous donnons maintenant rendez vous à la prochaine journée scientifique de la section qui aura lieu en mars-avril 2006.

Pour ceux qui ne l'ont pas encore fait et qui en ont la possibilité nous vous demandons de vouloir nous communiquer votre adresse mail pour l'envoi des prochains bulletins

Merci de la faire parvenir à l'adresse suivante : pradal.evelyne@neuf.fr

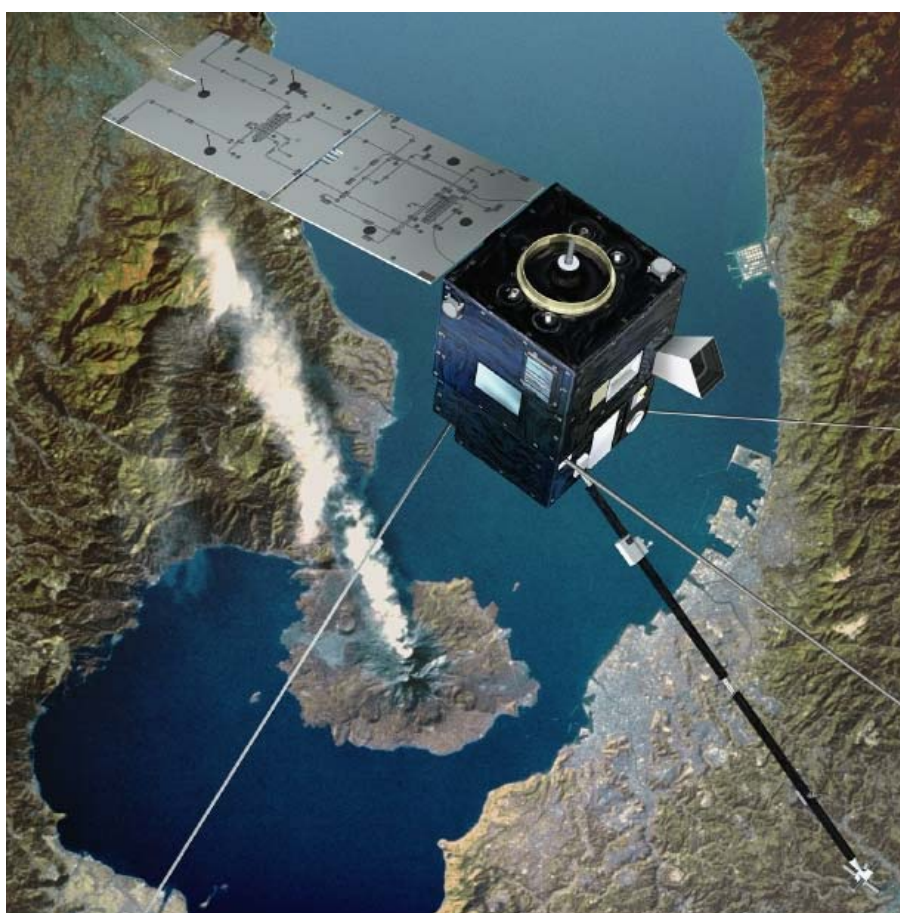
Bien cordialement,

Le Bureau



B.S.V. n°61 Août 2005

Société Géologique de France



© CNES - Novembre 2003/Illustration D. Ducros

Mission Demeter (lancement le 25 juin 2004)

Etude des signaux électromagnétiques associés à l'activité volcanique et sismique

BULLETIN N° 61

Bulletin de la Section de Volcanologie de la Société Géologique de France

Le Bulletin de la Section de Volcanologie a pour objectif principal la distribution rapide de l'information en Volcanologie. Nous souhaitons la collaboration active de l'ensemble de la communauté volcanologique, Vos contributions peuvent être envoyées sur disquettes Macintosh ou PC (logiciel Word) ou par document attaché aux adresses des membres du bureau. Les disquettes vous seront retournées rapidement.

Les rubriques suivantes sont proposées :

- les **articles** : nous les souhaitons nombreux et bien illustrés
- les **annonces** pour les **congrès** et réunions scientifiques
- les **analyses d'ouvrages** de Volcanologie
- les **sessions de terrain** ou atelier sur le volcanisme. Toute initiative est encouragée et recevra notre support.
- **la vie des Observatoires Volcanologiques**. Des informations régulières sur l'activité des volcans français ou des volcans étudiés par les équipes françaises.
- **la vie des Laboratoires de Recherche**. Publication régulière des résumés de thèses, de DEA, de Mémoires de Géologue mais aussi des compte-rendus de missions, des rapports de stage, des programmes d'enseignement, etc...
- les **relations internationales**
- une **tribune libre** sur les problèmes de la Volcanologie.

Ce bulletin doit être l'œuvre de tous et nous sollicitons une active participation des membres de la Section de Volcanologie pour le faire évoluer afin de promouvoir notre discipline. Sa large diffusion auprès des étudiants et autres adhérents potentiels est indispensable.

Vos contributions peuvent être envoyées à l'un des membres du bureau.

Jacques ZLOTNICKI, Président Laboratoire Magmas et Volcans 5 rue Kessler - 63200 CLERMONT-FD CEDEX Tél : 06 08 77 91 08 – Fax : 04 73 40 78 85 e-mail : jacques.zlotnicki@opgc.univ-bpclermont.fr		Jean-Louis BOURDIER, 1er Vice-Président Université d'Orléans - Dpt des Sciences de la Terre B.P.6759 / 45067 ORLEANS CEDEX 02 Tél : 02 38 41 73 19 – Fax : 02 38 41 73 09 e-mail : jean-louis.Bourdier@univ-orleans.fr
Jean-Paul TOUTAIN, 2ème Vice-Président Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie 38 rue des Trente six ponts - 31400 TOULOUSE Tél : 33 (0)5 61 55 86 41 e-mail : toutain@lmtg.ups-tlse.fr	Evelyne PRADAL, Secrétaire SCITERRE 1 plan des huniers 34970 Lattes Tél : 06 80 84 84 21 e-mail : pradal.evelyne@neuf.fr	Jean VANDEMEULEBROUCK, Trésorier LGIT, Université de Savoie, 73376 Le Bourget du lac Cedex Tél : 33 (0)4 79 75 84 85 e-mail : jvandem@univ-savoie.fr

Bulletin d'adhésion à la Section de Volcanologie nom membres de la SGF-

Ce montant peut être réglé par chèque ou bon de commande à l'ordre de l'Université de Savoie – SGF. Il doit être envoyé au trésorier : **Jean VANDEMEULEBROUCK – LGIT, Université de Savoie, 73376 Le Bourget du lac Cedex**

Nom : Prénom :

Adresse :

Adresse électronique :

Fonction actuelle :

Membre de la SGF : ☐ OUI ☐ NON

Cotisation annuelle : 15 Euros



Société Géologique de France

Section de Volcanologie

<http://sgfr.free.fr/>

Sommaire

ADHESION 2005	Page 5
PROCHAINE JOURNEE SCIENTIFIQUE	Page 5
MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES, COLLOQUES, CONGRES	Page 6
THE MICRO SATELLITE DEMETER (M. Parrot)	Page 7
VOLCAN DE LOPEVI (M. Lardy)	Page 15
JOURNEE SCIENTIFIQUE DE LA SECTION : Methodes de surveillance géophysique et géochimique de l'activité volcanique :	Page 20
Bilan et perspective	
TITRES DES COMMUNICATIONS	Page 22
THEMES.....	Pages 23-31
THESES	Pages 32-38

ADHESION 2005

L'adhésion à la section de volcanologie est un acte volontaire et non automatique. Il est possible **soit** de cotiser à la SGF (**49 € en 2004**) en demandant une adhésion à la section de volcanologie **soit** de cotiser directement à notre section.

Nous désirons simplifier l'appel annuel à cotisation de notre section. Jusqu'à présent un supplément de cotisation était demandé aux membres de la SGF inscrits dans plusieurs sections. Nous abandonnons ce procédé. Les cotisations seront dorénavant de **15 €** pour les personnes adhérant uniquement à la section de volcanologie et aucun complément de cotisation ne sera demandé pour toute inscription faite directement par l'intermédiaire de la SGF.

JOURNEES SCIENTIFIQUES EN 2006

Le bassin Méditerranéen et le volcanisme associé

Le 29 mars 2006 à la Société Géologique de France

Organisation conjointe des sections volcanologie et Géosciences marines

Pour obtenir des informations détaillées, veuillez contacter :

Email : jacques.zlotnicki@opgc.univ-bpclermont.fr ; Jacques Zlotnicki : Tel 33 (0)6 08 77 91 08,
Fax : 33(0)4 73 40 78 85

Email : pradal.evelyne@neuf.fr ; Evelyne Pradal : Tel 33 (0)6 80 84 84 21

MANIFESTATIONS SCIENTIFIQUES, COLLOQUES, CONGRES

16 - 20 Novembre 2005, Quezon City, Philippines :

AGU Chapman Conference

<http://www.nigs.upd.edu.ph>

16-20 Janvier 2006, Colima, Mexique:

10 th international meeting “Volcan de Colima” et autres volcans d’Amérique Centrale

Nick Varley :

nick@ucol.mx

23-27 Janvier 2006, Quito, Equateur :

« Cities on volcanoes »

<http://www.citiesonvolcanoes4.com>

23-26 Mai 2006: Baltimore, USA

AGU workshop :

<http://www.agu.org>

29 mars 2006: France

Journée spécialisée SGF sections volcanologie et Géosciences marines: Le bassin méditerranéen et le volcanisme associé

<http://www.sgfr.org>

Juin 2006: Toulouse, France

The Demeter mission ; organisation CNES

<http://www.cnes.fr>

Contact : mparrot@cnrs-orleans.fr

THE MICRO-SATELLITE DEMETER

Michel Parrot

LPCE/CNRS, 3A Avenue de la Recherche, 45071 Orléans Cedex 2, France.
e-mail: mparrot@cns-orleans.fr

Abstract

The scientific objectives of DEMETER are related to the investigation of the ionospheric perturbations due to the seismic and volcanic activities, and to the global study of the Earth electromagnetic environment. The scientific payload is composed of several sensors: - Three Electric and three magnetic sensors (6 components of the electromagnetic field to investigate from DC up to 3.5 MHz), - A Langmuir probe, - An ion spectrometer, and, - An energetic particle analyzer. They are associated to two special equipments: a large onboard memory (8Gbits) in order to record data all around the Earth, and a high bit rate telemetry in X band (18 Mb/s). There are two modes of operation: (i) a survey mode to record low bit rate data, and (ii) a burst mode to record high bit rate data above seismic regions. In the survey mode the telemetry is of the order of 950 Mb/day, and in burst mode, it is larger than 1 Gb/orbit. The launch by CNES (French National Space Agency) was in June 2004, and the duration of the mission is 2 years. DEMETER is a micro-satellite (130 kg) with a low-altitude (~ 710 km) and a nearly polar orbit.

1. Introduction

Among all earthquake precursors, those related to the electromagnetic field are the most puzzling, and the many possible sources of noise are cause of lively controversies. A large number of laboratory experiments clearly suggest that micro-fracturing is associated with the appearance of spontaneous charge production (electrification) and transient Electric or ElectroMagnetic (EM) Emission. Many electric and magnetic preseismic and co-seismic effects have been reported in the past as well as ionospheric perturbations. Satellite data also show EM transients related to the seismic activity but up to now, observations are not performed by experiments dedicated to this study. The scientific objectives of DEMETER are related to the investigation of the ionospheric perturbations due to the seismic and volcanic activities, and also to the global study of the Earth electromagnetic environment. The experiment onboard the DEMETER micro-satellite is proposed by a group of scientists involved in external and internal geophysics. The list is given in Table 1.

Institutes	Experimenters
LPCE (France)	D. Lagoutte, F. Lefeuvre, M. Parrot, B. Poirier, J.L. Pinçon
CESR (France)	J.-A. Sauvaud, A. Cros
CETP (France)	J.J. Berthelier, M. Menvielle
IPGP (France)	J. Artru, P. Bernard, Y. Cohen, G. Hulot, J.F. Karcewzski, J.L. Le Mouël, P. Lognonné, J.P. Montagner
DESPA (France)	M. Maksimovic
LDG/CEA (France)	E. Blanc, J.L. Plantet
OPGC (France)	J. Zlotnicki
LPSH (France)	A. Kerdraon
Univ. of Electro-Comm. (Japan)	M. Hayakawa J.P. Lebreton
SSD/ESTEC (ESA)	J. Blecki, J. Juchniewicz
CBK (Poland)	

TABLE 1. List of DEMETER experimenters.

They are working on the scientific topics which are described in section 2. They have built the scientific payload which is described in section 3 and they have defined the operations (section 4). Section 5 will give a short overview of the data processing. The platform of the micro-satellite was built under the CNES (French National Space Agency) responsibility.

2. Scientific Objectives

The main scientific objectives of the DEMETER experiment are to study the disturbances of the ionosphere due to the seismo-electromagnetic effects, and due to anthropogenic activities (Power Line Harmonic Radiation, VLF transmitters, HF broadcasting stations).

The seismo-electromagnetic effects are the electric and magnetic perturbations caused by natural geophysical activity such as earthquakes and volcanic eruptions. It includes: electromagnetic emissions in a large frequency range, perturbations of ionospheric layers, anomalies on the records of VLF transmitter signals, and night airglow observations [1]. Such phenomena are of great interest, because they start a few hours before the shock and can be considered as short-term precursors.

Electromagnetic emissions in the ULF/ELF/VLF range that are related to seismic or volcanic activities are known since a long time but their generation mechanism is not well understood. Many papers have presented ground observations of wave emissions during seismic events [2]. Examples can be found in [3]. Two types of emissions can be considered. First, precursor emissions occur a few hours before earthquakes, in a large frequency range from one hundredth Hertz up to several MHz. Second emissions observed after the shock generally are attributed to the propagation of acoustic-gravity waves [4]. However, all hypotheses concerning the generation mechanism of precursor emissions are also valid after the shock, when the Earth's crust returns to an equilibrium state. The emissions can propagate up to the ionosphere, and observations made with low-altitude satellites have shown increases of ULF/ELF/VLF waves above seismic regions. In contrast to ground experiments, satellite experiments cover most seismic zones of the Earth, and statistical studies become meaningful because of the much larger number of recorded events.

Since the great Alaskan earthquake in 1964, many evidence of electron density perturbations in the ionosphere after strong earthquakes have been reported. Ionospheric perturbations have been observed a few days before above the seismic zone. They are better detected during the night when the ionosphere is calm.

Increases as well as decreases of the critical frequencies are observed in different regions of the ionosphere before earthquakes. Additional information provided by GPS measurement such as TEC (Total Electron Content) data will be used.

Wave emissions and electron density perturbations can be linked through various mechanisms in the ionosphere and the same hypotheses of generation mechanism of precursor are valid for the two perturbations. These hypotheses are mainly related to: wave production by compression of rocks, diffusion of water in the epicentral area, and redistribution of electric charges at the surface of the Earth and then in the Earth's atmospheric system.

Only a statistical study with many events will show the general behaviour of such ionospheric perturbations and will help to define a signature of ionospheric perturbations prior to earthquakes [5]. This will be achieved with the data of the wave experiment.

In the interaction between the solar wind and the Earth's magnetic field, the ionosphere is the first protective layer around the Earth. Therefore the study of its evolution and its perturbations are of great interest. The second objective of the DEMETER experiment is related to perturbations coming from the Earth's surface and due to man-waves (PLHR, VLF transmitters, HF broadcasting stations).

The Power Line Harmonic Radiation (PLHR) is the ELF and VLF waves radiated by electric power systems at the harmonic frequencies of 50 or 60 Hz. Evidence of PLHR Propagation in the magnetosphere was first observed on ground. However direct observations by satellites are rather rare [6] and shown in few papers (indirect effects are more often reported). The observations show that the lines drift in frequencies and that it is most probably due to a non-linear interaction between electrons and the coherent waves. All the observations indicate that PLHR influences the atmosphere-ionosphere-magnetosphere coupling. On one hand, non linear interactions between electrons and PLHR can participate in the precipitation of electrons from the slot region in the radiation belts, on the other hand, main part of the PLHR energy dissipates in the lower ionosphere and modifies the ionospheric currents. This problem now requires serious attention because the electrical power consumption is always increasing in the world.



© CNES - Novembre 2003/Illustration D. Ducros

Figure 1: The micro-satellite DEMETER in flight configuration (CNES document). The dimensions are 60 x 60 x 80 cm³ and the weight is around 130 kg. The solar panel in blue can be seen on the left. On the right there is a 1.9m boom supporting the three magnetic sensors and the Langmuir probes. There are four spheres for the electric sensors at the end of 4m booms.

At VLF frequencies between 10 and 20 kHz, the ground-based transmitters are used for radio-navigation and communications. Their ionospheric perturbations include: the triggering of new waves, ionospheric heating, wave-electron interactions, and particle precipitation. At HF frequencies, the broadcasting stations utilise powerful transmitters which can heat the ionosphere and change the temperature and the density. All these wave dissipations in the ionosphere could participate to the global warming of the Earth because the change in global temperature increases the number of natural lightning discharges in the atmosphere. Then the supplementary lightning discharges produce more magnetospheric whistlers which could produce heating and ionization in the lower ionosphere.

Furthermore, it is a feedback mechanism because two different processes could be involved. First, lightning is a source of NO_x, and NO_x affects the concentration of ozone in the atmosphere which contributes to the greenhouse effect. Second, precipitation of energetic electrons by man-made waves may trigger other lightning discharges. It explains the importance of the study of such man-made waves [7]. Ionospheric perturbations by natural geophysical activities have been made evident by two methods: the study of the electromagnetic waves, and the measurement of the plasma density (electron and ions).

3. Scientific Payload

- The scientific payload of the DEMETER micro-satellite (see Figure 1) is composed of several sensors:
- Four Electric sensors in order to measure the three components of the electric field. The distance between each probe is of the order of 9 meters tip to tip.
 - A three axis search coil magnetometer to measure the three components of the magnetic field. This magnetometer will be located at the end of a 1.9m boom.
 - A Langmuir probe,
 - An ion spectrometer, and,
 - An energetic particle analyzer.

They are associated to two special equipments: a large onboard memory (8Gbits), and a high bit rate telemetry in X band (18 Mb/s) which are built under CNES responsibility. The experiment capabilities are given in Table 2. The power consumption of the scientific payload is of the order of 15 W.

4. Onboard Data Processing and Technical Issues

There are two modes of operation: (i) a survey mode to record low bit rate data all around the Earth, and (ii) a burst mode to record high bit rate data above seismic regions (see Figure 2). In the survey

Frequency range, B	10 Hz - 20 kHz
Frequency range, E	DC – 3.5 MHz
Sensibility B :	$2 \cdot 10^{-5} \text{ nT Hz}^{-1/2}$ at 1 kHz
Sensibility E :	$0.2 \mu\text{V Hz}^{-1/2}$ at 500 kHz
Particles: electrons	30 keV - 10 MeV
Particles: ions	90 keV - 300 MeV
Ionic density:	$5 \cdot 10^2 - 5 \cdot 10^6 \text{ ions/cm}^3$
Ionic temperature:	1000 K - 5000 K
Ionic composition:	$\text{H}^+, \text{He}^+, \text{O}^+$
Electron density:	$10^2 - 5 \cdot 10^6 \text{ cm}^{-3}$
Electron temperature:	500 K - 3000 K

TABLE 2. Experiment capabilities.

mode the telemetry is of the order of 950 Mb/day, and in burst mode, it is larger than 1 Gb/orbit. For the wave experiment the following data are recorded:

- During the Burst mode
 - Waveforms of 3 electric components up to 15 Hz,
 - Waveforms of the 6 components of the EM field up to 1 kHz,
 - Waveforms of 2 components (1B + 1E) up to 20 kHz,
 - Spectrum of one electric component up to 3.5 MHz
 - Waveform of one electric component up to 3.5 MHz (snapshots).
- During the Survey mode
 - Waveforms of 3 electric components up to 15 Hz,
 - Spectra of 2 components (1B + 1E) up to 20 kHz,
 - Spectrum of one electric component up to 3.5 MHz,
 - Results of a neurone network to detect whistlers and sferics.

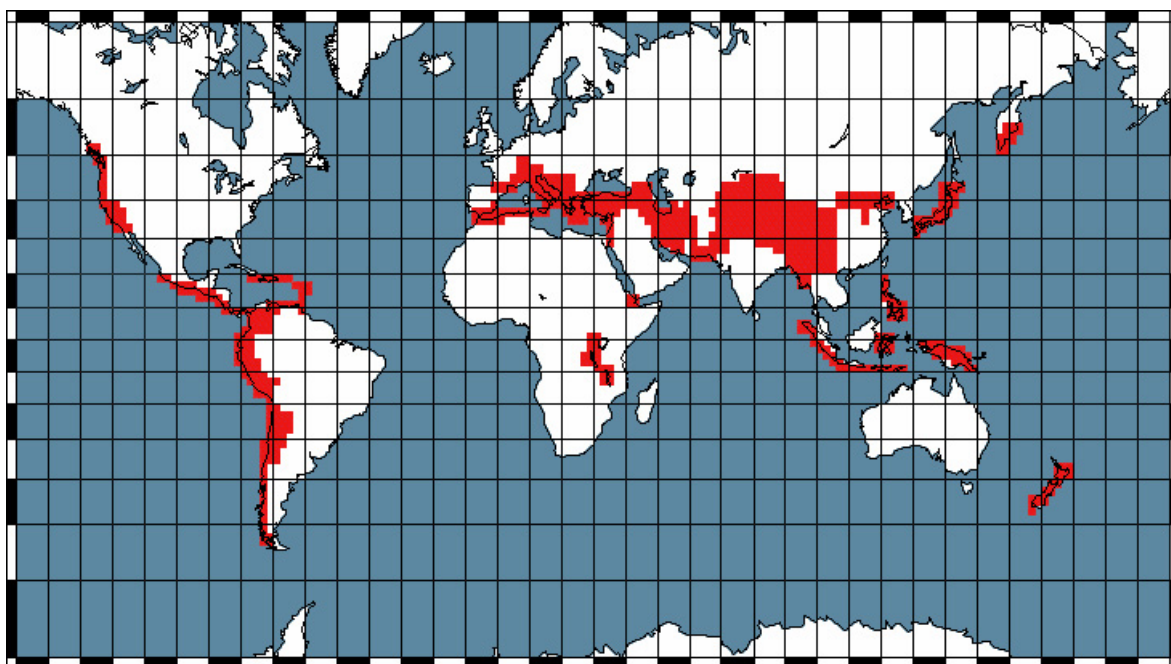


Figure 2: Map of the Earth where locations of the Burst mode are indicated in red (from Pascal Bernard, IPGP).

For the other experiments, the difference between the Burst and the Survey modes only concerns the time resolution of the data. The number of telecommands is estimated to be of the order of 600 bytes/3 days.

The orbit of DEMETER is LEO, polar, and with an altitude around 710 km. The launch was on June 29, 2004, and the duration of the mission is 2 years.

5. Ground-based Data Processing

The telemetry is received in Toulouse. The data processing center is located in LPCE, Orléans. Correlation with seismic activity is performed with data from the GEOSCOPE network. Quick-Looks of the data are available in free access on a WEB site dedicated to the experiment (<http://demeter.cnrs-orleans.fr>). The data processing center is also in relation with ground-based experiments. Close collaborations with ground-based experiments performing measurements of DC fields, electromagnetic noise in various frequency bands, ionospheric parameters, optical parameters,.... take place. The satellite data give an overview of the ionospheric parameters above the regions where these ground-based measurements are performed. Mutual comparison of all parameters (ground-based and satellite recorded) allow to understand the generation mechanism of the EM perturbations registered during seismic and volcanic activities.

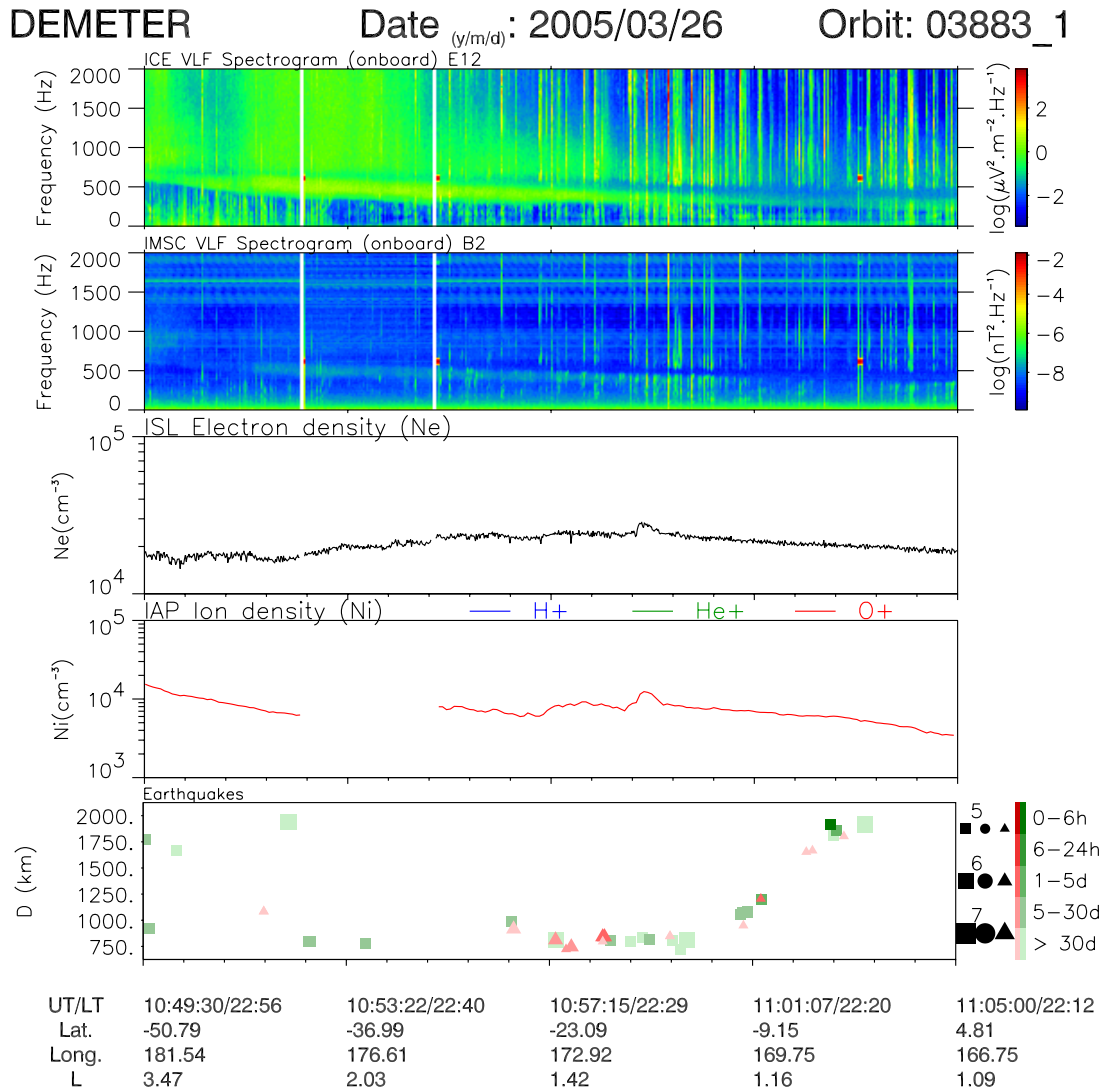


Figure 3: Example of ionospheric perturbation possibly associated with an earthquake. From the top to the bottom: Spectrogram of an electric component, spectrogram of a magnetic component, electron density, ion density, and earthquakes occurring at a distance D from the satellite. The red triangle indicates the closest approach to an earthquake occurring after the data registration by the satellite (March 31, 2005, 01:46:17 UT at -18.43°S , 176.0°E , $M = 6.1$). A perturbation is observed on the electron and ion densities. Its maximum corresponds to the conjugate point of the epicentre at the altitude of the satellite.

A call for guest investigators was emitted by CNES in order to formalise the collaboration and the exchange of data between scientists interested by the DEMETER mission. Therefore, thirty five teams around the world have access to the data.

Up to now there are no result related to the main scientific objective of DEMETER because we want to process the data from a statistical point of view. It is too early to perform such statistics but data recorded during selected events (Figure 3) are useful to determine the sensitive parameters which must be particularly surveyed in this statistical analysis.

References

- [1] Parrot, M., et al., "High-frequency seismo-electromagnetic effects", *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol.77, pp.65-83, 1993.
- [2] Parrot, M., "Electromagnetic noise due to earthquakes" in *Handbook of Atmospheric Electrodynamics*, v.II, Ed. by H. Volland, CRC Press, Boca Raton, pp. 95-116, 1995.
- [3] Serebryakova, O.N., et al., "Electromagnetic ELF radiation from earthquake regions as observed by low-altitude satellites", *Geophysical Research Letters*, Vol.19, pp.91-95, 1992.
- [4] Pokhotelov, O.A., et al., "Response of the ionosphere to natural and man made acoustic sources", *Annales Geophysicae*, Vol.13, pp.1197-1210, 1995.
- [5] Parrot, M., "Statistical study of ELF/VLF emissions recorded by a low altitude satellite during seismic events", *Journal of Geophysical Research*, Vol.99, pp.23,339-23,347, 1994.
- [6] Parrot, M., "Observations of PLHR by the low-altitude AUREOL-3 satellite", *Journal of Geophysical Research*, Vol.99, pp.3961-3969, 1994.
- [7] Parrot, M. and Zaslavski, Y., "Physical mechanisms of man made influences on the magnetosphere", *Surveys in Geophysics*, Vol.17, pp.67-100, 1996.

VOLCAN de LOPEVI (Vanei Vollohulu) Vanuatu (Sud Ouest Pacifique)

Latitude 16° 30 S, Longitude 168° 15 E, Altitude: 1367m

Michel Lardy , IRD centre de Nouméa , Nouvelle Calédonie.
Philipson Bani, IRD, Centre de Nouméa, Nouvelle Calédonie.
Morris Harrison, DGMWR, Port-Vila, Vanuatu.
Esline Garaebiti, DGMWR, Port-Vila, Vanuatu.
Sylvie Vergniolle, IGP, Paris

Le volcan de Lopévi reste un édifice menaçant pour la région et principalement pour l'île de Paama la plus proche (6 km séparent la côte Est de Paama de la côte Ouest de Lopévi, *photo n° 1*) ; Les importantes quantités de cendres émises par l'éruption explosive de 2001 avaient plongé l'île de Paama dans l'obscurité pendant plusieurs heures entraînant une pollution des réservoirs d'eau et la nécessité d'un ravitaillement en eau potable par un navire militaire australien. Des puits associés à des pompes à main (*photo n°2 ci-dessous*) ont été récemment mis en service sur le nord de l'île qui est la zone la plus menacée. Paama ne dispose que d'un aérodrome où atterrissent seulement de petits avions quand les conditions météorologiques sont bonnes ; la jetée détruite par un cyclone il y a quelques années n'est toujours pas réparée, les habitants (*1633 recensés en 1999*) ne se déplacent qu'à pied (aucun véhicule sur l'île) en pirogue ou à l'aide de petits bateaux en aluminium. Déplacer les populations de l'île est très difficile et une évacuation de tous les habitants « impossible ». Il est donc important d'appréhender les phases éruptives afin que la protection des réservoirs d'eau et la mise à disposition de masques pour les populations permettent d'atténuer les effets des retombées de cendres (jusqu'à 15cm en 2001) émises pendant l'explosion initiale.



Photo1



Photo2
Exemple d'un puit et d'une pompe à eau installée sur Paama

Une cyclicité sur le moyen terme (15 à 20 ans) est observée depuis le 19^{ème} siècle, mais il reste difficile de prévoir les phases de fortes éruptions à l'intérieur de la quinzaine d'années d'activité (1999, 2001, 2003) suivie par une période sensiblement équivalente de repos (1982-1998). Même si la période de juin semble la plus favorable pour le démarrage des phases explosives, même parfois remarquables (8 juin 2001, 8 juin 2003, voir photo n°3), pour 2005 la situation d'attente perdure (voir photos n°4 et 5) et il reste difficile, faute de disposer de mesures en temps réel d'en préciser l'imminence.

(voir site : <http://www.mpl.ird.fr/suds-en-ligne/fr/volcan/vanuatu/lopevil.htm#suds>)



Photo 3



Photo 4

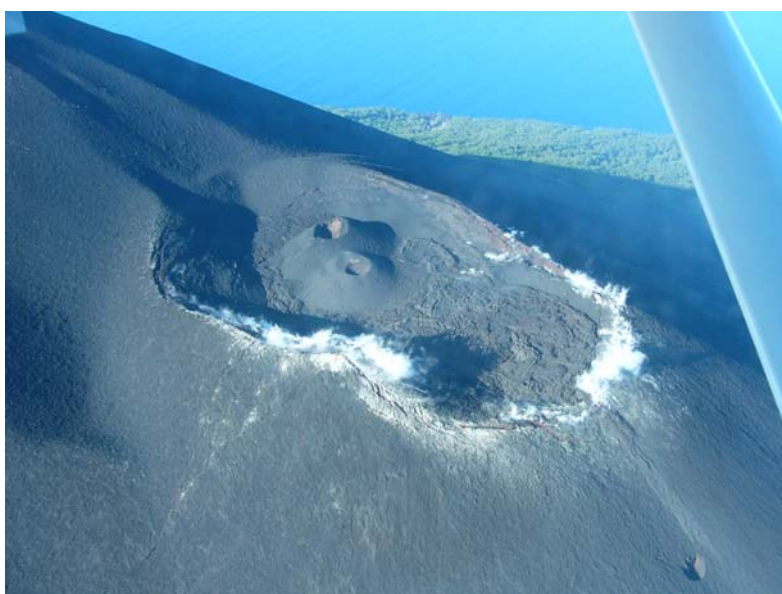


Photo 5

Depuis novembre 2004 un microbaromètre (DASE/CEA) installé sur l'île de Paama (*photo n° 6*), à 12 km du cratère adventif, enregistre en relation avec le réseau SSI (Système de Surveillance Internationale du TICE -traité d'interdiction des explosions nucléaires) de Nouvelle Calédonie située à quelques 700 km les manifestations explosives des volcans des îles de Lopévi et d'Ambrym (*). Les données sont acquises sur des stations Géostar (IPG de Strasbourg) qui devraient prochainement être couplées au réseau téléphonique du Vanuatu (TVL) pour un travail en temps réel indispensable pour l'appréhension des menaces. Un nouveau

micobaromètre (IPGP) a été installé en juillet 2005 sur l'île de Lopévi à moins de 2 km du cratère adventif, seul en activité. Ce dispositif momentané devrait être démonté à l'issue de la prochaine phase sub-plinienne qui permettra de mesurer la pression et les volumes de gaz émis, ainsi que de remonter aux mécanismes physiques prépondérants dans la chambre magmatique.



Photo 6

Les premières mesures GPS de juillet 2002 viennent seulement d'être réitérées en juillet 2005 et ont permis de voir un déplacement d'une douzaine de centimètres vers l'ouest du point GPS situé au N-O de Lopévi ; une surrection de 19 cm est également mesurée mais elle est plus vraisemblablement liée à l'éruption en préparation. Un autre point GPS a été créé en juillet 2005 à l'Est de la faille SE-NO qui traverse l'île et d'où s'échappent d'importantes coulées qui font suite aux phases explosives (*photo n°7*).



Photo 7

Nous avons pu en mars, juillet et août 2005 observer le cratère sommital et le cratère adventif du Lopévi qui date du début des années 60 (*GVN vol 24, N°99, february 1999 ; Lave N°77*). Le cliché (*photo n° 4*) montre une fracture circulaire qui indique une vraisemblable subsidence causée par le dégazage permanent du réservoir magmatique .Des dépôts hydrothermaux (blancs) sont associés à ce dégazage annulaire et des fractures perpendiculaires (visibles à l'extérieur du cratère au centre de la photo) sont logiquement liées à la subsidence. Le petit événement central qui est en construction ce 21 mars 2005 à l'intérieur du cratère adventif sera suivi par la mise en place d'une coulée, bien visible sur la *photographie n° 5* du 10 juillet 2005 ainsi que la construction d'un nouvel événement; l'examen des anomalies thermiques fournies (Université d'Hawaï) à partir du satellite MODIS permettent de situer l'évènement entre les 26 et 31 mars 2005 (*voir carte figure 8*).

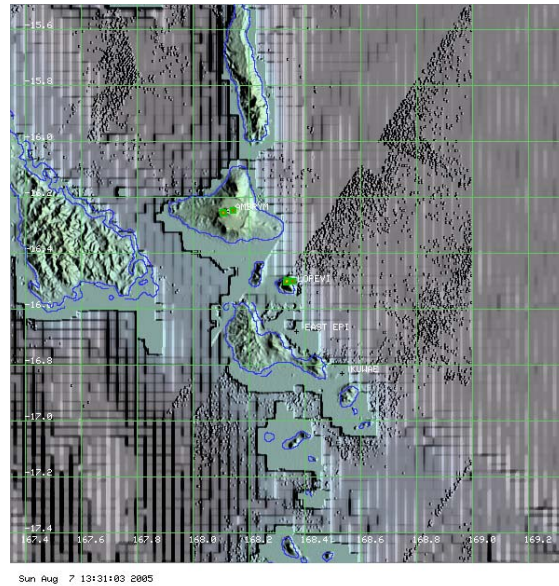


Figure 8

Le cratère du sommet (1367 mètres, *photo n° 1*) de l'île n'a pas subi de modifications importantes depuis plusieurs décennies, la géométrie du cratère adventif n'est pas profondément changée depuis 1999 malgré les importantes manifestations de juin 2001 (*GVN vol 28, Number 8, august 2001*) et de juin 2003 (*GVN vol 28, Number 6, june 2003*). La surface de l'île s'est par contre considérablement agrandie dans sa partie nord depuis les années 60 principalement à partir des activités fissurales.

(*) A Le Pichon and E. Blanc, D. Drob, S. Lambotte, J. X. Dessa, M. Lardy and P. Bani, S. Vergniolle. infrasound monitoring of volcanoes to probe high-altitude winds. JGR, vol. 110, D13106, doi:10.1029/2004JD005587, 2005. pp1-12.

**Méthodes de surveillance géophysique et géochimique de l'activité volcanique :
Bilan et perspective**

Le 5 avril 2005 à Paris

Société Géologique de France
77 rue Claude Bernard, Paris 5^{ème}

Thématique :

En quelques années de nouvelles méthodes d'imagerie et de surveillance des volcans ont été développées. Ces méthodes ont prouvé toute leur importance dans la compréhension des caractères structuraux des édifices volcaniques mais aussi dans l'analyse des phénomènes pré éruptifs et éruptifs.

La finalité de cette journée est de discuter ces nouvelles méthodes, de susciter des discussions inter techniques, et d'évaluer les nouveaux paramètres à prendre en compte dans la surveillance.

Les principaux thèmes que nous souhaitons aborder sont :

- *Les techniques d'imagerie de la structure des édifices,*
- *La surveillance satellitaire,*
- *Les méthodes géophysiques et géochimiques de surveillance au sol,*
- *Le suivi temporel des phénomènes pré éruptifs et éruptifs,*
- *L'observation multi paramètres et l'évaluation du risque.*
-

**REUNION SPECIALISEE
DE LA SECTION DE VOLCANOLOGIE
DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DE FRANCE**



Date :

Le 5 avril 2005 de 10h00 à 17h00

Lieu :

*Société Géologique de France
77 rue Claude Bernard, Paris 5^{ème}*

**MÉTHODES DE SURVEILLANCE GÉOPHYSIQUE ET
GÉOCHIMIQUE DE L'ACTIVITÉ VOLCANIQUE:
BILAN ET PERSPECTIVE**

Thématique :

En quelques années de nouvelles méthodes d'imagerie et de surveillance des volcans ont été développées. Ces méthodes ont prouvé toute leur importance dans la compréhension des caractères structuraux des édifices volcaniques mais aussi dans l'analyse des phénomènes pré éruptifs et éruptifs. La finalité de cette journée est de discuter ces nouvelles méthodes, de susciter des discussions inter techniques, et d'évaluer les nouveaux paramètres à prendre en compte dans la surveillance.

Les principaux thèmes que nous souhaitons aborder sont :

- Les techniques d'imagerie de la structure des édifices,*
- La surveillance satellitaire,*
- Les méthodes géophysiques et géochimiques de surveillance au sol,*
- Le suivi temporel des phénomènes pré éruptifs et éruptifs,*
- L'observation multi paramètres et l'évaluation du risque.*

Contributions : Date limite : 25 mars 2005

*Envoyer vos résumés en 2 pages Format Word PC (Times New Roman 12, simple interligne)
À la Section de Volcanologie.*

Jacques Zlotnicki: Tel 04 73 40 73 70; Email: jacques.zlotnicki@opgc.univ-bpclermont.fr

Evelyne Pradal: Tel 06 80 84 84 21; Email: pradal.evelyne@neuf.fr

TITRES DES COMMUNICATIONS

Ouverture de la réunion

Alain Bernard

Utilisation du radiomètre multispectral à haute résolution spatiale (ASTER) pour l'étude des anomalies thermiques des lacs volcaniques

P. Allard, M. Burton and F. Murè

Surveillance des dégazages magmatiques et prévision des éruptions par spectroscopie infrarouge OP-FTIR : applications à l'Etna et au Stromboli.

J-C. Baubron et C. Bertrand

LIMITES ACTUELLES ET PERSPECTIVES DE LA SURVEILLANCE EN CONTINU DU DEGAZAGE TERRESTRE AU MOYEN DE LA MESURE EN CONTINU DU RADON DES SOLS

J-P. Toutain, P. Richon, J-C. Baubron, A. Ratdomopurbo

Imagerie CO₂ et émanation du radon au Mérapi (Java, Indonésie)

F. Le Guern and F. Ferron

LA CHIMIE DU SOUFRE : MESURES AU SOL ET MESURES A DISTANCE

F. Le Guern

SATSUMA IWOJIMA (Japon) : ESTIMATION DES FLUX GAZEUX ET HYDROTHERMAUX

J. Zlotnicki, Y. Sasai, Y. Nishida, M. Uyeshima, M.J.S. Johnston and P. Yvetot

Resistivity and Self-Potential changes associated with volcanic activity: The July 8, 2000 Miyake-jima eruption (Japan).

F. Le Guern

Films sur Satsuma Iwojima (Japon) et La chimie du Soufre

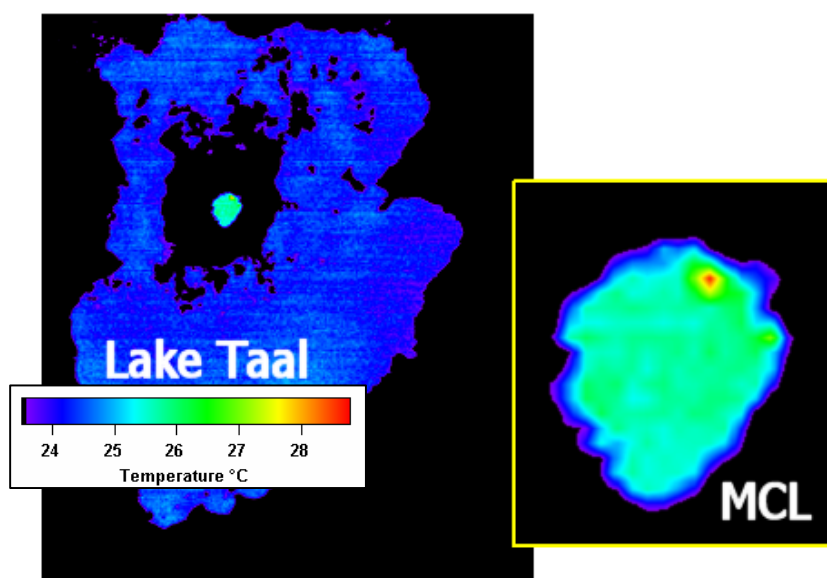
Réunion du bureau de la section de volcanologie

Utilisation du radiomètre multispectral à haute résolution spatiale (ASTER) pour l'étude des anomalies thermiques des lacs volcaniques

Alain Bernard
(abernard@ulb.ac.be)
Université Libre de Bruxelles, Belgique

Les applications thermiques des satellites dans l'étude de la surveillance de l'activité volcanique sont nombreuses. L'essentiel de ces travaux a été appliqué à l'étude des fortes anomalies thermiques ($>> 100^{\circ}\text{C}$) liées à la mise en place de coulées ou dômes de lave ou encore à une activité de dégazage fumerollien. A l'exception de l'étude d'Oppenheimer (1993), le domaine des faibles anomalies thermiques ($\sim 50^{\circ}\text{C}$) liées aux lacs de cratère volcaniques a été pratiquement inexploré ou inutilisé. L'anomalie thermique d'un lac volcanique est pourtant facile à identifier, en raison de l'état parfaitement plane et homogène (au niveau de l'émissivité) de la surface rayonnante, à l'inverse des anomalies des coulées de lave ou dôme de lave. La mesure précise de la température de surface à partir d'une plateforme satellitaire est cependant complexe en raison des effets atmosphériques qui modifient l'intensité (radiance) rayonnée par la cible à la surface du sol. Les variations dues à la transparence de l'atmosphère (transmission) ou à la radiance propre à l'atmosphère doivent être impérativement corrigées. Les méthodes de correction atmosphérique actuellement disponibles pour ASTER (TES de Gillespie et al. 1999) n'ont pas été développées spécifiquement pour les lacs et fournissent des résultats encore trop imprécis. Une nouvelle procédure de correction des effets atmosphériques a été développée **AST_SW** qui est basée sur la méthode appelée « Split-Window » et qui a été appliquée pour la première fois aux données du satellite ASTER. Cette méthode repose sur l'établissement d'une relation empirique entre les températures de surface du lac et la radiance mesurées par deux canaux thermiques différents (TIR 13 et 14). Cette méthode a l'avantage de corriger les effets atmosphériques pixel par pixel pour les caractéristiques de l'atmosphère locale et au moment exact de la mesure par le satellite. La méthode a été validée sur le site du volcan Taal (Philippines). Le Taal est situé sur une île volcanique au centre d'une large caldera préhistorique (dimensions : 15 x 22 km) occupée par le lac Taal (Figure 1). L'île volcanique est occupée par un lac de cratère (**MCL** : Main Crater Lake) avec un volume de 45 millions de m^3 . Ce lac de cratère, légèrement acide ($\text{pH} \sim 2$), constitue un véritable calorimètre en intégrant les flux d'énergie émis vers la surface par le système hydrothermal/magmatique.

Fig. 1 : Image de nuit ASTER TIR du **24 janvier 2003** Bande TIR.



Les températures de surface du lac Taal ont été obtenues grâce au capteur MODIS. Les capteurs MODIS et ASTER sont en effet installés sur la même plateforme EOS_TERRA et offrent la possibilité d'analyser des données de la même scène enregistrées simultanément (Figure 2). MODIS en raison de sa faible résolution spatiale (1km) ne permet pas de mesurer le MCL mais ce capteur fournit des données de températures calibrées (erreur $< 0.35^{\circ}\text{K}$) (SST, MOD28L2 product).

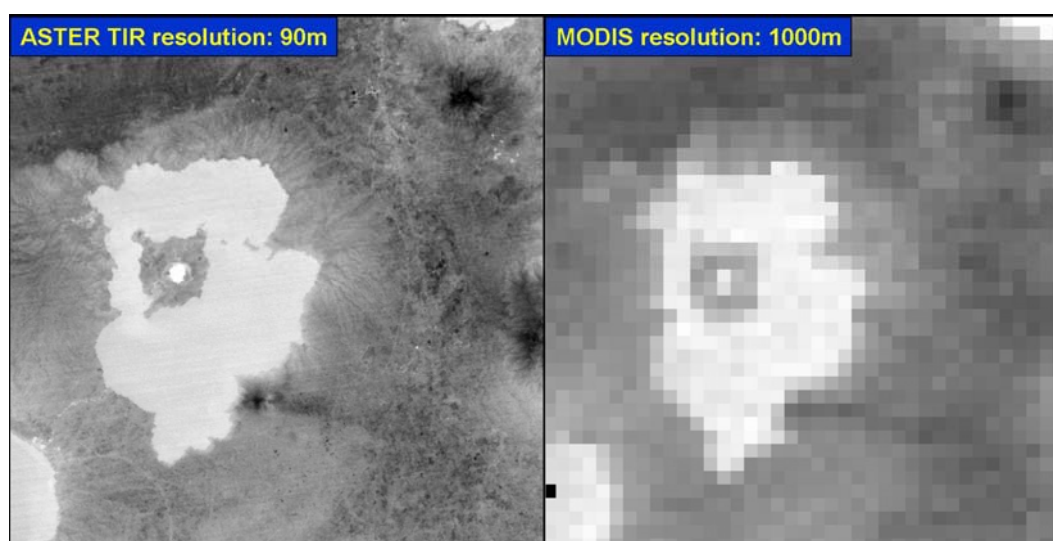


Figure 2

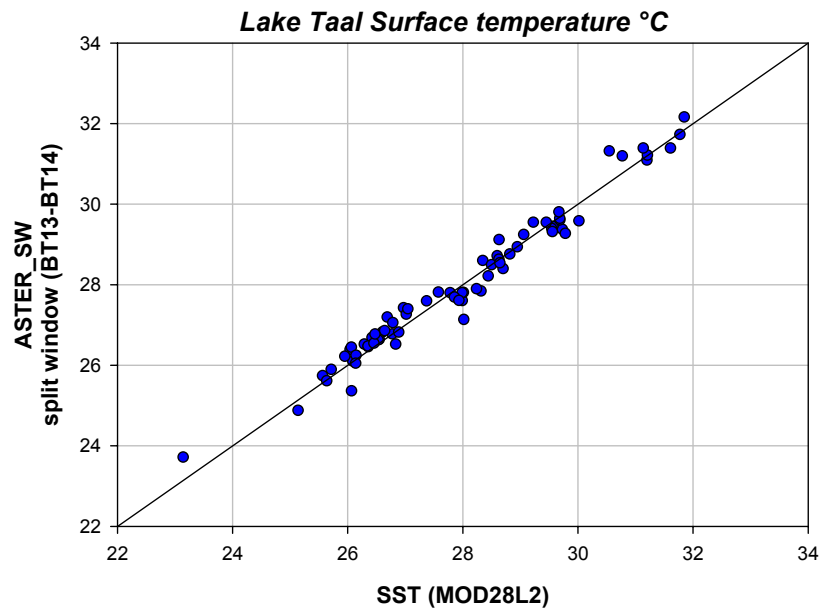


Figure 3

L'algorithme ASTER_SW a été validé en comparant les données de températures obtenues avec celles de MODIS SST (Figure 3). ASTER_SW a ensuite été appliqué à la mesure du MCL. 28 images différentes couvrant la période août 2000- février 2005 ont été analysées et révèlent des fluctuations assez importantes de température de surface du lac. L'essentiel de ces fluctuations n'est pas d'origine volcanique mais résulte des variations saisonnières ou diurnes de la température atmosphérique. L'anomalie thermique (différence entre lac Taal et MCL) est restée pratiquement constante pendant 2000-2005 et correspond à 2.6 °C. La méthode a ensuite été appliquée à d'autres lacs volcaniques pour lesquels des mesures de températures in situ sont disponibles (Ruapehu, Aoba, etc...). Les données ASTER sont en bon accord avec les mesures in situ et démontrent la robustesse de la méthode pour différentes atmosphères (tropicales ou tempérées) ou altitudes de la cible.

Surveillance des dégazages magmatiques et prévision des éruptions par spectroscopie infrarouge OP-FTIR : applications à l'Etna et au Stromboli

P. Allard (1,2), M. Burton (1) and F. Murè (1)

(1) Laboratoire Pierre Süe, CNRS-CEA, Saclay, France; (2) INGV, Catania, Italy (patrick.allard@cea.fr/allard@ct.ingv.it)

La phase gazeuse magmatique a trois propriétés fondamentales pour la compréhension du comportement des volcans et la prévision des éruptions : i) son rôle moteur dans la dynamique des processus éruptifs, ii) sa mobilité élevée, et iii) l'évolution importante de sa composition chimique et de son débit massique en fonction des conditions d'ascension et dégazage des magmas (profondeur, vitesse, système ouvert ou fermé). Un suivi régulier, voire continu, des émissions de gaz magmatiques peut donc fournir des informations sensibles pour la prévision des éruptions (précurseurs géochimiques), complémentaires des signaux géophysiques. Un tel suivi nécessite cependant des méthodologies nouvelles, permettant l'acquisition de données fiables à fréquence suffisamment élevée et en toute sécurité (y compris pendant une éruption). C'est le cas de la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en parcours ouvert (OP-FTIR), appliquée depuis peu aux volcans. Cette méthode permet de mesurer à distance et à haute résolution temporelle (~4 sec) la composition chimique des gaz volcaniques, déduite des spectres d'absorption - par les gaz - de la radiation infrarouge émise par une source chaude naturelle (lave, paroi de cratère, fumerolles, soleil) ou artificielle (lampe).

Depuis mai 2000, nous avons appliqué la spectroscopie OP-FTIR à la surveillance en routine des émissions gazeuses de l'Etna [1-5] et, périodiquement, du Stromboli [6,7]. A l'Etna, les mesures ont permis de suivre l'évolution dans le temps du dégazage sommital (panache), ainsi que la composition complète des gaz magmatiques émis lors de fontaines de lave (2000-2001) et de deux violentes éruptions latérales (2001 et 2002-2003). Les résultats obtenus, corrélés aux variations d'activité et aux signaux géophysiques, mettent en lumière les remarquables potentialités de la méthode et l'intérêt de la surveillance des gaz pour la prévision des éruptions (leur début, mais aussi leur fin). Au Stromboli, la composition complète des gaz magmatiques, mesurée périodiquement, permet de suivre les oscillations du dégazage lors des explosions récurrentes et de tracer la profondeur d'origine des slugs de gaz qui contrôlent cette activité. On illustrera ces différents résultats et leurs implications pour la surveillance des volcans français.

[1] Allard P. et al., EGS, Nice, 2001

[2] Allard P., et al., Geophys. Res. Abst., 5, 13079, 2003;

[3] Burton M., Allard P. and Murè F., J. Geol. Soc. London, 2003;

[4] Allard P., Burton M. and Murè F., IAVCEI Gen. Assemb., Chile, 2004;

[5] Allard P., Burton M. and Murè F., Nature, 433, 407-410, 2005;

[6] Burton M. et al., EGU, Nice, 2002;

[7] Burton et al., in press.

LIMITES ACTUELLES ET PERSPECTIVES DE LA SURVEILLANCE EN CONTINU DU DEGAZAGE TERRESTRE AU MOYEN DE LA MESURE EN CONTINU DU RADON DES SOLS

J-C. Baubron (1), C. Bertrand (2)

(1) : JcbConsulting, 45640-Sandillon ; (2) : ALGADE, 87250 Bessines-sur-Gartempe

Depuis une quinzaine d'années, de nombreux auteurs (Cf. références in Papastefanou, 2002 ; Toutain, Baubron, 1999) se sont attachés à acquérir des mesures in situ de la concentration en radon du sol, voulant utiliser cet élément ubiquiste comme traceur de la variabilité du flux de dégazage terrestre, en particulier dans les zones sismiques ou volcaniques. Peu d'instruments permettent d'enregistrer de manière continue, avec une grande sensibilité et une forte dynamique la concentration en radon du sol, sans agir directement sur le flux émanant. En outre, force est de constater que le traitement des corrélations éventuelles entre une modification de la concentration en radon et un évènement (activité sismique, augmentation du gradient de pression en profondeur, etc.) pouvant générer une modification des conditions de transfert du gaz du sol reste pauvre, soit par absence de chroniques temporelles longues, soit par déficit de modélisation du signal enregistré. Il apparaît, en revanche, qu'une association étroite peut généralement être établie entre le signal radon enregistré dans le sol et les conditions météorologiques locales (en particulier la pluviosité), dont la traduction immédiate est une modification de la perméabilité du sol et éventuellement celle du niveau phréatique sous-jacent, deux des principaux paramètres contraignant les conditions de transfert des gaz du sol vers l'atmosphère.

De longues périodes de mesure en continu du radon dans les sols, au moyen de capteurs passifs électroniques (Barasol, F-Algade) aussi bien en domaines de flux fort ou faible, permettent de mieux appréhender la signification de la variation temporelle du signal radon, et en particulier de mettre en évidence l'existence de signaux éphémères (de quelques heures à quelques jours) qui paraissent associés à des ondes de pression en profondeur.

Les premiers résultats obtenus au moyen d'une instrumentation nouvelle permettent d'envisager la modélisation à la fois de la vitesse instantanée et celle du flux de gaz transportant le radon vers la surface. Ces deux paramètres sont un élément capital dans l'approche de la connaissance des modifications des conditions d'équilibre de la source profonde du gaz vecteur du radon enregistré en surface, et partant des critères pouvant être utilisés comme précurseurs d'évènements brusques.

IMAGERIE CO₂ ET EMANATION DU RADON AU MERAPI (JAVA, INDONESIE)

J-P. TOUTAIN (1), P. RICHON (2), J-C. BAUBRON (3), A. RATDOMOPURBO (4)

(1) Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie, Observatoire Midi-Pyrénées, F-Toulouse ;

(2) CEA/DASE, F-Bruyères-Le-Chatel ;

(3) JcbConsulting, F-Sandillon ;

(4) BPPTK, Direktorat Vulkanologi, Yogyakarta, Indonésie.

Les propriétés des gaz des sols dans les milieux hétérogènes fracturés sont utilisées pour mettre en évidence les contrastes spatiaux et temporels de perméabilité au volcan Mérapï (Java, Indonésie).

Une cartographie He et CO₂ a été réalisée sur le cône sommital du volcan. CO₂ et He ont été échantillonnés à une profondeur de 0,7 m avec une équidistance de 10 à 20 m selon 10 transects. 350 sites ont été analysés pour CO₂ et 105 pour He. Les analyses sont effectuées par spectrométrie infra-rouge in situ (CO₂) ou spectrométrie de masse spécifique au laboratoire (He). Les concentrations mesurées en CO₂ varient depuis la concentration atmosphérique (0.04%) jusqu'à près de 50 %. Les concentrations maximales sont mesurées à proximité du rebord de caldera, du dôme et du champ fumerolien de Woro. Quelque soit le transect, les concentrations décroissent avec la distance par rapport au cratère, pour approcher la valeur atmosphérique à une distance de 150-200 m. Le transfert de CO₂ semble contrôlé par une structure concentrique, probablement la bordure de caldera de 1872. Celle-ci a probablement subi des épisodes importants de circulations hydrothermales, conduisant à des processus de self-sealing, qui contribuent à diminuer les conditions de perméabilité-positivité des sols. Cette signature sera considérée comme caractéristique d'une période de faible activité volcanique au Mérapï. Son évolution en cas de réactivation reste posée.

L'émanation Rn des sols a été mesurée en 6 sites sélectionnés sur la base des résultats d'imagerie. Les sites sont équipés de capteurs passifs électroniques BARASOL (Algade) et de capteurs de température TinyTag. Les résultats préliminaires, obtenus au cours d'une période sans activité notable, indiquent que la dynamique de transfert du radon est très variable d'un site à l'autre. L'analyse de la densité spectrale de puissance relative (DSP) des concentrations en radon du sol en fonction du temps suggère que la diffusion simple affecte la plupart des sites équipés, hormis pendant quelques épisodes liés aux conditions météorologiques. Un site (MK3) est caractérisé en permanence par un mode de transfert advectif, ce qui permet de modéliser la vitesse instantanée moyenne des gaz du sol en ce lieu, qui est de l'ordre de 15 à 30 cm/heure.

Une future réactivation magmatique, probablement associée à des épisodes de fracturation et de modifications du champ de contraintes, est susceptible de modifier le schéma général de distribution des perméabilités et produire une forte évolution du régime de transfert des gaz du sol. Ces modifications se traduiront, au plan général par l'accroissement des zones affectées par un transfert advectif, et localement par une augmentation de la vitesse instantanée avec éventuellement l'apparition d'événements éphémères (ondes de pression). La modélisation de ces paramètres devrait apporter des informations sur les zones source.

LA CHIMIE DU SOUFRE : MESURES AU SOL ET MESURES A DISTANCE

François Le Guern, Francisco Ferron

Laboratoire des Sciences du Climat et de l' environnement
Bat 12 – Avenue de la Terrasse 91190 Gif sur Yvette
francois.le-guern@lsce.cnrs-gif.fr
Tel : 01 69 82 35 42

La variation d'activité d'un édifice volcanique peut se caractériser par une évaluation des flux de matières et d'énergie et leur évolution dans le temps.

Les flux de gaz volcaniques sont mondialement estimés à partir d'une mesure à distance faite sur le panache dans lequel par radiométrie ultraviolette on dose la concentration de SO₂. Estimant par ailleurs la section du panache et sa vitesse de déplacement on peut estimer le flux de SO₂.

Dosant le SO₂ et d'autres espèces chimiques dans le panache : gaz ou aérosols par prélèvement sur filtres inertes ou réactifs, en ampoules de verre ou d'acier ou sur adsorbants on peut, par mesure du rapport SO₂ à ces autres espèces déterminer les flux.

Suite aux travaux théoriques du Japonais Matsuo et à la réalisation de notre chromatographe de terrain nous avons pu mesurer sur différents volcans les compositions des gaz magmatiques à la source avant leur refroidissement et leur mélange dans l'atmosphère. Nous avons mesuré deux espèces soufrées à la source : H₂S et SO₂. Avec le même instrument nous avons mené des mesures sur différents réacteurs industriels dont une chambre à distiller le soufre d'un volume de 2200m³. Parallèlement, avec Thermodata à Grenoble nous avons développé une modélisation des mécanismes de condensation et des modifications de la composition de la phase gazeuse résiduelle survenant lors du refroidissement.

Les résultats de cette modélisation étant validés par comparaison avec les condensats formés sur le tube de prélèvement pendant l'échantillonnage.

Comparant les résultats obtenus sur différents volcans et en milieu industriels nous avons constaté que la phase gazeuse résiduelle était très différente d'un site à l'autre.

Au Mt St Helens l'espèce prédominante est le H₂S alors qu'à l'Etna c'est le SO₂.

Ces résultats remettaient en cause la validité de la mesure de flux basée sur le SO₂.

C'est alors que nous avons entrepris sur Le Volcan Erebus (Antarctique), L'Etna et le Satsuma Iwojima (Japon) trois missions au cours desquelles nous avons comparé les flux obtenus par mesures à distance au spectromètre UV et les mesures obtenues en injectant dans les gaz volcaniques à la source un gaz artificiel de débit connu.

Les résultats obtenus par les deux méthodes ont donné des valeurs très voisines ce qui valide les mesures faites à distance sur le SO₂.

L'étude de la chimie du soufre s'est poursuivie par une recherche sur les valeurs de sa composition isotopique dans les gaz, les condensats et la neige récoltés dans les fumerolles situées au sommets des Volcans de la Chaîne des Cascades dans l'Ouest des Etats Unis. Les résultats obtenus montrent une faible dispersion entre les espèces différentes récoltées sur un même volcan. Par contre chaque volcan a sa signature isotopique.

Il reste un travail fondamental à poursuivre qui est la mise en relation du modèle décrivant la condensation des espèces soufrées avec les valeurs isotopiques obtenues.

Ces données dont on peut améliorer la compréhension chimique sont équivoques en ce qui concerne l'interprétation de l'évolution du système volcanique.

SATSUMA IWOJIMA (Japon)

ESTIMATION DES FLUX GAZEUX ET HYDROTHERMAUX

Francois Le Guern (1) et Kohei Kazahaya (2)

(1) LSCE CNRS 91190 Gif sur Yvette France
francois.le-guern@lsce.cnrs-gif.fr

(2) Crustal Fluid Team Leader Geological Survey of Japan, AIST
1-1-1 Higashi, Tsukuba, 305-8567, JAPAN e-mail address: kazahaya-k@aist.go.jp

Satsuma Iwojima Ile située au sud de Kagoshima est un laboratoire idéal pour tester des modèles de fonctionnement d'un système volcanique.

Elle se situe sur le bord de la caldera « Kikai » formée il y a 6300 ans lors d'un effondrement suite à une éruption considérée comme la plus importante du quaternaire. Suite à ce cataclysme la grande Ile voisine de Kyushu a été désertée pendant plusieurs siècles.

L'énorme effondrement d'il y a 6300 ans est aujourd'hui recouvert par la mer mais émergeant ça est là un archipel correspondant à la crête de la caldera.

Deux Iles sont aujourd'hui actives :

Satsuma Iwojima sur laquelle est né le Dôme de Iwodaké qui dégaze de façon continue depuis plus de 1200 ans. On trouve dans le cratère des fumerolles accessibles à plus de 800°C.

Une petite sœur, l'Ile de Shin Iwojima est en réalité le sommet d'un Dôme qui est sorti de la mer en 1934. Fumerolles à hautes et basses températures, trois types de sources hydrothermales sortant sous la mer, cette Ile est probablement la seule sur notre terre à fournir autant de manifestations volcaniques à partir d'une seule source.

Depuis une décennie nous partageons les programmes japonais qui ont choisi ce lieu comme volcan laboratoire.

Après avoir fait un bilan géochimique complet des manifestations terrestre, nous avons développé des méthodes de mesures et échantillonnage s sous marines.

Cet endroit est actuellement le seul où l'on peut étudier une activité hydrothermale sous marine en relation avec une activité volcanique aérienne.

La conclusion de ces études est que la moitié du flux géochimiques est sous marin.

Cette information est riche d'enseignement car dans la plupart des cas ces flux dilués dans les nappes phréatiques nous échappent totalement.

A notre grande surprise dans les effluents sous marins acides et saturés en CO₂ nous constatons que le corail est en parfaite santé. C'est dans cette direction que vont s'orienter nos recherches futures afin de répondre à quelques questions d'actualité concernant les changements climatiques.

Resistivity and Self-Potential changes associated with volcanic activity:
The July 8, 2000 Miyake-jima eruption (Japan)

J. Zlotnicki^a, Y. Sasai^b, Y. Nishida^c, M. Uyeshima^d, M.J.S. Johnston^e and P. Yvetot^f

a: CNRS-UMR6525-OPGC, 5 rue Kessler, 63038 Clermont-Ferrand, France.

Email: jacques.zlotnicki@opgc.univ-bpclermont.fr.

b: The Disaster Prevention Division, Tokyo Metropolitan Government, Japan.

c: Graduate School of Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan.

d: Earthquake Research Institute, the University of Tokyo, Tokyo, Japan.

e: U.S. Geological Survey, Menlo Park, USA.

f: CNRS-OPGC, Campus des Cézeaux, Aubière, France.

Miyake-jima volcano abruptly erupted on July 8, 2000 after 17 years of quiet and gave birth to a caldera, 1 km in diameter and 250 m deep. This expected unrest was monitored during the years 1995 to 2000 by electromagnetic (EM) methods including recordings of the horizontal components of the electric and magnetic fields, DC resistivity measurements and Self-Potential (SP) surveys. Beneath the 2,500 years old Hachō-Taira summit caldera audio-magnetotelluric soundings made in 1997-98 identified a conductive medium, 200 m to 500 m thick (within the 50 Wm isoline) located at a few hundreds metres depth. It was associated with the active steady-state hydrothermal system centred close to the 1940 cone and extending southward. This hydrothermal disappeared during the July 8, 2000 phreatic eruption accompanying the caldera formation.

The objectives of the presentation are to discuss the chronology of the magnetic, electric and electromagnetic signals which have appeared before the eruption and their changes during and after the caldera formation. The continuous magnetotelluric soundings based on the magnetic and electric stations give the depth boundary below which no EM source was involved. A DC resistivitymeter set in a Schlumberger array with 600, 1000 and 1400 m long injection lines evidenced strong resistivity changes between September 1999 and July 3, 2000 in the vicinity of the newly formed crater. The apparent resistivity has reached about 3 times its initial values on the 1400 m long line and has lowered to about 20% on the 600 m line. Just prior to the July 8, 2000 eruption Self-potential (SP) mapping made inside the summit Hachō-Taira caldera revealed negative anomalies where positive ones had occurred during the previous tens of years. The largest negative anomaly, -225 mV in amplitude mainly took place above the 1940 cone which collapsed in the crater formation. A permanent 1 km long SP line across the caldera suggests accelerating changes during the 3 months preceding the eruption. On a larger scale, the comparison between 1995 and 2000 surveys has shown a global increase of the hydrothermal activity beneath the volcano. Its source could have been 250 m to the South of the crater. These observations suggest that the hydrothermal system was slowly disturbed in the months preceding the eruption while drastic changes have occurred during the two weeks before the summit collapse when tectonic and volcanic swarms have appeared.

In 2003 the pattern of the SP anomalies on the southern flank of the caldera has completely changed showing a large decay of the positive anomaly observed in 1996.

THESES

Thèses IPGP

HENDRA Gunawan (Gravimétrie et Géodynamique) - 11 Février 2005

Gravimétrie et microgravimétrie appliquées à la volcanologie : exemples de la Soufrière de Guadeloupe et du Mérapi

Nous étudions, par la gravimétrie, les variations spatiales et temporelles de la structure interne des édifices volcaniques de deux volcans actifs : la Soufrière de Guadeloupe et le Merapi. Dans un premier temps l'étude de la partie statique du champ de pesanteur nous permet de mettre en évidence des anomalies gravimétriques négatives au sommet de ces deux volcans, associées aux zones hydrothermales ou fumerolliennes. Sur le sommet du Mérapi, elles sont très négatives (quelques mGals) et séparées par des zones interprétées comme des fractures principales du dôme.

Sur le dôme de la Soufrière, la structuration de direction NO-SE reflète des structures plus profondes qui se prolongent en mer. Le dernier chapitre est consacré aux variations temporelles de la pesanteur sur le dôme de la Soufrière. Des séries de mesures de haute précision (réseau microgravimétrique) entre 1993 et 2001 montrent que le volcan ne s'est pas déformé et n'est sujet à aucune variation de masse durant cette période.

Mots-clés : gravimétrie, microgravimétrie, volcanologie, la Soufrière, le Merapi

Dir de Thèse : Michel Diament

La thèse en Format PDF (202 Pages - 11.8 Mo)

BROWAEYS Jules Thomas (Dynamique des Systèmes Géologiques) - 22 avril 2005

Modélisation directe de l'anisotropie sismique mantellique dans un contexte de point chaud : Hawaii & Islande

Les points chauds d'Hawaii et de l'Islande sont expliqués par la présence d'un panache thermique dans le manteau terrestre sous-jacent. Les roches du manteau supérieur fluent par mouvement de dislocations. Cette déformation provoque une anisotropie de texture actuellement considérée comme la cause de l'anisotropie sismique du manteau supérieur. L'interaction du panache avec la plaque lithosphérique induit une distribution complexe de la déformation qui diffère d'un cisaillement simple homogène à grande échelle.

Le but de cette étude est de constituer un modèle direct de l'anisotropie sismique pour l'écoulement géodynamique tridimensionnel stationnaire d'un panache. Un modèle semi-analytique est implémenté pour la déformation d'un polycristal d'olivine et d'enstatite par mouvement de dislocations sur des plans de glissement. Il incorpore les effets de la recristallisation dynamique (nucléation de sous-grains, migration des joints de grains). L'intégration de ce modèle le long des trajectoires, caractérisées par l'historique de leur déformation, permet de connaître l'évolution de la rotation des axes cristallographiques due à la déformation plastique, et du changement de volume des grains dû à la recristallisation dynamique. La distribution 3-D des orientations des minéraux est transformée en un modèle de tenseurs élastiques équivalents $C_{ijkl}(x,y,z)$. La classe de symétrie élastique peut être choisie en utilisant une méthode de décomposition du tenseur élastique. Cette méthode permet également de définir des coefficients de perturbation anisotrope de symétrie donnée,

autorisant la synthèse contrôlée de milieux anisotropes. Ces coefficients ont un lien étroit avec ceux caractérisant l'anisotropie azimuthale des ondes de volume et de surface.

L'intégration de la déformation et ces méthodes sont appliquées sur des écoulements stationnaires pour Hawaïi et l'Islande. La distribution $C_{ijkl}(x,y,z)$ est ensuite échantillonnée par les noyaux de sensibilité des ondes de surface et de la biréfringence des ondes S pour synthétiser les signaux sismiques anisotropes. Ces prédictions sismiques sont interprétables à la lumière du milieu anisotrope sous-jacent. La cohérence spatiale de la structure anisotrope à l'intérieur de la zone couverte par le noyau de sensibilité influe fortement sur l'intensité de l'anisotropie sismique. Au niveau du conduit d'Hawaïi, l'intensité de la biréfringence des ondes S est très faible, alors que les directions rapides sont presque partout parallèles à la direction de la plaque. L'Islande, malgré une structure 3-D très variable, présente une répartition de la biréfringence des ondes S simple avec des orientations parallèles à la dorsale le long de celle-ci et parallèles à la direction de la plaque loin de la ride.

Mots clés : Panache thermique - Manteau supérieur - Anisotropie sismique - Théorie de la déformation - Orientation préférentielles des minéraux - Elasticité anisotrope - Classes de symétrie - Modélisation théorique et numérique - Biréfringence des ondes S - Hawaïi - Islande

Dir de Thèse : Neil Ribe et Edouard Kaminski
La thèse en Format PDF (x Pages, x Mo)

HARCOUËT Virginie (Géosciences Marines) - 20 Mai 2005

Modélisations thermiques de gisements orogéniques mésothermaux : Application au Ghana

Cette thèse vise à mieux comprendre les processus thermiques et les régimes d'écoulement de fluides présidant à la mise en place des gisements d'or orogéniques mésothermaux.

Deux approches de modélisation numérique ont été utilisées, l'une à l'échelle régionale caractérisant le régime thermique conductif pré-minéralisation et l'autre à l'échelle locale ajoutant l'effet de la convection hydrothermale syn-minéralisation. Une application aux gisements Paléoproterozoïques de la ceinture d'Ashanti au Ghana est présentée, ces derniers étant représentatifs de gisements mésothermaux orogéniques et constituant les plus riches d'Afrique de l'ouest. Les résultats, contraints par des données thermobarométriques et pétrophysiques, conduisent à estimer à environ 30 mW.m⁻² le flux de chaleur mantellique au Paléoproterozoïque sous le Ghana. Cette valeur est compatible avec la présence d'un panache déjà évoquée dans cette région à ~2 Ga. On montre qu'il est essentiel de prendre en compte la variation de conductivité thermique en fonction de la température, sans quoi le flux de chaleur déduit est largement surestimé.

Le travail a aussi permis d'identifier les régions potentiellement favorables à la précipitation de l'or dans ces contextes particuliers. Il démontre que les zones de failles sont le lieu d'écoulements tridimensionnels conduisant à une périodicité spatiale de la précipitation en accord avec les observations de terrain.

Mots clés :

Dir de Thèse : Alain Bonneville & Laurent Guillou-Frottier
La thèse en Format PDF (x Pages, x Mo)

HOULIE Nicolas - (Sismogénèse) - 8 Juillet 2005

Mesure et modélisation de données GPS de volcans. Applications à des études de déformation à diverses échelles et à la tomographie des panaches atmosphériques.

Au cours des 15 dernières années, le GPS (Global Positioning System) s'est imposé comme un outil fondamental pour mesurer et modéliser les déformations de la croûte terrestre et notamment des régions volcaniques. Dans la première partie de cette thèse, la technique GPS est rappelée et il est montré pourquoi et comment cette technique est désormais limitée par les incertitudes sur la modélisation des délais troposphériques. Ainsi, l'on montre comment les hétérogénéités latérales de troposphère en zones littorales biaisent les résultats de positionnement jusqu'à des amplitudes centimétriques.

Dans la deuxième partie de la thèse, il est montré que les panaches volcaniques eux mêmes, au lieu d'être simplement rejetés comme un bruit, peuvent être détectés et analysés par le biais de l'analyse des résidus dans la modélisation de données GPS. Cette étude porte sur le cas de l'éruption du Miyakejima (Japon) en Juillet-Août 2000.

Les trois parties suivantes sont des applications du GPS à des problèmes actuels de déformation de régions volcaniques et volcans. Ils se placent à trois échelles différentes : l'échelle de la géodynamique dans le cas des volcans de l'île de São Miguel aux Açores, l'échelle régionale dans le cas de l'Etna en Italie, l'échelle locale dans le cas du Piton de la Fournaise à la Réunion.

L'analyse à grande échelle de données GPS collectées sur l'île de Sao Miguel aux Açores entre 1994 et 2001 permet d'une part de détecter une extension est-ouest d'environ 5mm par an sur cette île probablement accommodée dans le graben central et la zone du volcan Fogo. Elle permet aussi de montrer pour la première fois que la partie Est de l'île de São Miguel est solidaire de la plaque Eurasiatique. L'analyse d'un très grand nombre de campagnes GPS effectuées à l'Etna entre 1994 et 2000 permet de montrer que le volcan a connu au cours de cette période une déformation d'ensemble très régulière correspondant à un gonflement général du volcan. A ce phénomène se surimpose une déformation particulière à travers le système de failles normales dit des « Timpe » bordant la partie est du volcan. Il est montré que les mouvements actuels ne peuvent pas être représentatifs de l'évolution à long terme du volcan.

L'analyse de trois campagnes GPS menées à la Réunion en 1992, 1995 et 1999 permet d'obtenir pour la première fois des informations, encore fragmentaires, sur la déformation à grande échelle du massif. Elle permet également de se poser des questions sur la géométrie que devrait avoir idéalement un dispositif observationnel destiné à mesurer l'extension à travers les « rift-zones » du volcan. Cette question est abordée à travers une modélisation des déformations attendues à moyen terme sur le volcan sous l'effet d'injections cumulées de dykes.

Mots clés :

Dir de Thèse : Pierre Briole

La thèse en Format PDF (x Pages, x Mo)

NOUGRIGAT Séverine - (Géochimie et Volcanologie) - 9 Septembre 2005

Eruptions à dôme de lave récentes de la Montagne Pelée (Martinique, Petites Antilles) : paramètres physico-chimiques des processus éruptifs.

Les éruptions à dôme sont généralement considérées comme étant caractéristiques d'un mode de mise en place effusif. Cependant, certaines d'entre elles montrent un caractère explosif. C'est par exemple le cas du

début de l'éruption de 1902-1905 de la Montagne Pelée pour laquelle de violentes explosions, prenant naissance à la base du dôme en cours de croissance, produisirent des déferlantes pyroclastiques très dévastatrices et meurtrières. La suite de l'éruption, comme l'éruption de 1929-1932 sur le même volcan, fut beaucoup plus calme. Seules de simples écoulements gravitaires du dôme croissant se produisirent, générant des écoulements pyroclastiques de cendres et de blocs, canalisés dans les vallées.

Afin d'identifier les paramètres physico-chimiques déterminant dans les événements explosifs des éruptions à dôme, nous avons comparé les produits des éruptions de 1902-1905 et de 1929-1932 de la Montagne Pelée. Les analyses chimiques et texturales d'une série d'échantillons prélevés dans les dépôts pyroclastiques et sur les dômes permet de reconstituer l'évolution des magmas au cours des deux éruptions. Les compositions chimiques et minéralogiques des magmas andésitiques des deux éruptions sont identiques : les différences de styles éruptifs ne sont donc pas contrôlées par les conditions pré-éruptives mais par des variations des conditions physiques et chimiques pendant le dégazage et l'ascension du magma vers la surface.

Cette étude a montré la présence de deux types texturaux très différents en terme de vésicularité et de microcristallinité : un pôle ponceux constitué de produits très fortement vésiculés ayant une mésostase quasiment vitreuse, échantillons rappelant ceux des éruptions explosives pliniennes, et un pôle dense peu vésiculé et fortement microcristallisé, caractéristique des éruptions à dôme. Les échantillons ponceux, présents uniquement dans les produits éruptifs de 1902-1905, représentent une lave dont la vésicularité est en train de se développer en système fermé. Les échantillons denses de 1902-1905 et de 1929-1932 présentent un magma dont la vésicularité a évolué de façon complexe au cours de sa remontée, résultant de l'ouverture du système mais à différents degrés comme l'indique la variété des textures observées.

La colonne de magma à l'origine de l'éruption de 1902-1905 serait globalement remontée plus rapidement que celle de 1929-1932, et aurait donc moins interagi avec l'encaissant. Préservant ainsi des zones moins dégazées dans le dôme de lave, le magma très vésiculé aurait pu conserver un fort potentiel explosif, initiateur de l'explosion totale du dôme.

Mots clés :

Dir de Thèse : Benoît Villemant et Georges Boudon
La thèse en Format PDF (x Pages, x Mo)

Thèses Orléans

CHAMPALLIER R. (28/1/2005) 1

Déformation Expérimentale à Haute Température et Haute Pression de Magmas Partiellement Cristallisés.
Thèse soutenue à l'Université de Orléans sous la Direction de Pichavant M..

Le développement des Orientations Préférentielles de Forme (OPF) dans les roches magmatiques est souvent considéré comme résultant de la rotation des cristaux sous l'effet de contraintes anisotropes. Ce mécanisme a été étudié tant du point de vue théorique qu'expérimental. Cependant, les travaux expérimentaux sur le sujet, notamment ceux analogiques ont rarement considéré la cristallisation sous l'effet de contraintes différentielles.

Les travaux entrepris à haute température - haute pression (HT-HP) se proposaient d'étudier ce phénomène ainsi que la rotation des cristaux. Une telle étude nécessite de disposer d'un appareil de déformation des

magmas fonctionnant à HT-HP. Ce mémoire présente les tests de deux appareils développés dans cette optique ainsi que ceux réalisés en presse Paterson. Une large place est également consacrée aux artefacts expérimentaux rencontrés et aux moyens mis en œuvre pour les résoudre.

POUSSINEAU S. (24/6/2005) ¹

Dynamique des magmas andésitiques : approche expérimentale et pétrostructurale ; application à la Soufrière de Guadeloupe et à la Montagne Pelée

Thèse soutenue à l'Université de Orléans sous la Direction de Bourdier J.-L. .

L'activité des volcans andésitiques au niveau des arcs insulaires est caractérisée par une grande diversité dans leur style éruptif. Le dynamisme d'un même édifice volcanique peut aussi bien s'exprimer par une alternance d'éruptions de type "plinien" ou bien de type "peléen". Le sujet comporte deux aspects liés au fonctionnement local de la Soufrière de Guadeloupe et de la Montagne Pelée : l'étude de la dynamique d'une chambre magmatique superficielle et l'étude des phénomènes liés au dégazage des produits lors de la remontée dans le conduit volcanique. Le premier aspect repose sur l'étude d'une éruption particulière de la Soufrière de Guadeloupe (1440 AD). La stratégie d'étude a été de coupler une étude pétrographique des produits émis avec une étude expérimentale. Cette approche nous a permis de contraindre avec précision les conditions pré-éruptives ainsi que la dynamique de la chambre magmatique qui s'est avérée être zonée thermiquement et chimiquement. Le second aspect a consisté en l'acquisition des données naturelles et expérimentales sur les produits des éruptions historiques de la Montagne Pelée afin d'apporter des éléments nouveaux pour la compréhension du dynamisme des magmas andésitiques dégazés. La nature des produits a nécessité de coupler différentes approches (étude texturale des produits naturels, teneur en eau des verres résiduels, anisotropie de susceptibilité magnétiques sur les produits de dômes, expériences de décompressions contrôlées et acquisition de données expérimentales à basse pression).

TUDURI J. (7/2/2005) ⁴

Processus de formation et relations spatio-temporelles des minéralisations à or et argent en contexte volcanique Précambrien (Jbel Saghro, Anti-Atlas, Maroc).

Implications sur les relations déformation-magmatisme-volcanisme-hydrothermalisme.

Thèse soutenue à l'Université de Orléans sous la Direction de Chauvet A, Barbanson L..

Dans le Jbel Saghro (Anti-Atlas oriental, Maroc), deux événements tectono-magmatiques ont été reconnus et mis en relation avec les processus hydrothermaux. Le socle sédimentaire Néoprotérozoïque moyen a été affecté par une déformation ductile faible, sous le contrôle d'une direction de raccourcissement orientée ca. NW-SE, responsable de la formation de grands plis et d'une schistosité plan axial, d'accidents décrochants dextres N070-090°E, de chevauchements localisés et de la mise en place de plutons granodioritiques syntectoniques. Le deuxième événement se caractérise par l'instauration d'un important volcano-plutonisme acide Néoprotérozoïque supérieur associé au dépôt des principales minéralisations à Au-Ag du secteur. A Kelâa M'Gouna, cet épisode a été rattaché à la formation d'une caldera ignimbritique. Bien que chacun des dépôts hydrothermaux présente des spécificités particulières, toutes les structures minéralisées se sont formées en réponse à une direction de raccourcissement orientée ca. WNW-ESE, la même qui contrôle la mise en place du volcanisme ignimbritique.

VETEL William (21 janvier 2005)

Dynamique de l'extension intra-continentale en contexte de rift magmatique : le Rift Turkana (Nord Kenya) de l'Eocène à l'Actuel

[Résumé](#) [.pdf] *Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale.*

Jury: *Bernard Le Gall, Olivier Dauteuil (rapp.), Jacques Deverchère (rapp.), Yann Klinger, Joel Rollet, Michel Sebrier, Damien Delvaux (inv.), John Walsh (inv.)*

La dynamique de l'extension continentale et la géométrie des rifts qui en découlent sont régies par la combinaison de nombreux paramètres (thermiques, mécaniques, cinématiques) qui interagissent à différentes échelles, dans le temps et dans l'espace. L'exemple choisi dans cette étude, afin d'apporter des éléments de réponse à la compréhension de la mise en place des structures extensives, est celui du rift Turkana (Nord Kenya) qui appartient à la branche est du Rift Est Africain (REA). Cette portion de rift cénozoïque atypique s'est développée selon un axe NS depuis ~45 Ma. entre les terminaisons de deux bassins d'un rift antérieur oblique (bassins Anza-Soudan N140°E Crétacé). Sa structure profonde est dominée par un ensemble d'hemi-grabens syn-rifts oligo-pliocènes et sa géométrie de surface est actuellement marquée par une topographie peu contrastée et une sismicité faible qui rendent difficile l'étude des mouvements récents/actifs dans ce secteur.

Ce mémoire, basé sur l'interprétation d'imagerie satellitale Landsat ETM+, corrélée aux données topographiques (SRTM) et aux données de sismique réflexion, permet :

- A l'échelle régionale, une reconstitution tectono-magmatique de l'histoire polyphasée du rift Turkana établie sur la base de cinq cartes 'restaurées' successives (45-23 Ma., 23-15 Ma., 15-6 Ma., 6-2.6 Ma. et 2.6 Ma.-Actuel), auxquelles ont également été intégrées les structures pré-existantes (socle précambrien, structures crétacées). Ce modèle démontre clairement l'influence de : 1) deux couloirs transverses de socle faillés d'échelle régionale (NKFZ : N'Doto-Karisia N140°E, 100x600 km ; KBFZ : Kataboi-Buluk N50°E, 30x250 km) et 2) de domaines magmatiques, sur la nucléation et la propagation des structures extensives à différents stades du rifting. Les bassins syn-rifts se développent et migrent en premier lieu à l'intérieur du couloir N140°E NKFZ à la faveur de relations angulaires entre les structures N140°E et les failles néoformées NS, ces dernières sont par la suite bloquées lors de leur interaction avec les structures N50°E KBFZ qui peuvent également agir comme des zones de transfert et aboutissent à l'élargissement de la zone riftée (200x200 km). La description des relations entre les domaines magmatiques et la déformation met en avant le rôle déterminant des structures internes des dômes volcaniques (fentes d'extrados, failles syn-magmatiques) sur la propagation des bassins à travers ces paleo-dômes après cessation de l'activité magmatique.

- A l'échelle lithosphérique, les interactions panache/lithosphère durant la migration de la plaque Afrique (~1000 km vers le NE) depuis 50 Ma. à la verticale de deux plumes cénozoïques permettent de proposer deux hypothèses sur l'absence de soulèvement thermique le long de la dépression du Turkana. Il peut s'agir, soit de la migration latérale de la tête du panache sous la lithosphère pré-étirée crétacée selon un mécanisme de 'thin-spot', soit du 'durcissement' de cette même lithosphère en réponse au refroidissement du matériel mantellique sous-plaqué (crétacé) qui entrave le soulèvement de l'ensemble de la zone.

- Concernant les déformations récentes/actives (<5 Ma.) du rift Turkana, l'étude du développement des inversions tectoniques positives (<3.7 Ma.), distribuées uniquement dans les bassins situés à la verticale du couloir transverse N140°E NKFZ, confirme l'importance du rôle joué par cette discontinuité de premier ordre sur l'évolution du rift Turkana depuis l'Eocène jusqu'à l'Actuel. La reconstitution de la mise en place de ces structures compressives aboutit à un modèle cinématique polyphasé comprenant les trois stades suivants : 1) un régime purement extensif avant 5 Ma. (3 horizontal orienté EW, 1 vertical), 2) une rotation horaire (~20°) de l'axe 3 entre 5 et 3.7 Ma. qui entraîne la réactivation en dextre de la NKFZ et la formation d'un réseau de fractures N20°E et 3) un stade compressif (permutation des axes 1/2) accompagné de la rotation horaire de 3 (~20°)

qui induit la réactivation en inverse des failles N20°E après 3.7 Ma.

- A l'échelle plus locale, dans la partie orientale du rift Turkana, le réseau récent (<3 Ma.) de failles N170°-N10°E du Kino Sogo (150x40 km) s'organise selon une succession régulière de horsts et grabens, exceptionnellement bien exposés, qui recoupent des laves mio-pliocènes peu épaisses (~200 m) mises en place sur un horst asymétrique de socle, limité par des structures N140°E, N50°E et NS. L'étude géométrique et statistique de la population de failles du Kino Sogo révèle plusieurs particularités : 1) ce réseau accommode peu d'extension (<1%) et implique des taux d'extension et de déformation faibles (~0.1 mm/an et 10^{-16} s⁻¹, respectivement), 2) l'analyse des longueurs de failles se corrèle avec une loi mathématique de type exponentielle en opposition avec celles classiquement admises de type lois de puissances, et 3) malgré des longueurs importantes (9-40 km), les failles présentent des rejets = 100 m, ce qui leur confère un rapport rejet/longueur inférieur à ceux décrits sur des réseaux de failles similaires. Ce caractère mature, mais sous-déplacé des failles, est attribué à un modèle de croissance de failles dominé par la réactivation de structures pré-existantes présentes dans le socle sous-jacent (foliation/failles) ou au toit d'un paléo-dôme volcanique antérieur.

- Enfin, d'un point de vue méthodologique, l'intérêt de l'étude des réseaux de drainage en contexte morphologique peu contrasté est confirmé par une analyse détaillée de l'intense réseau de drainage développé dans le secteur occidental du Turkana. En effet, l'interprétation structurale de trois anomalies de drainage met en évidence : 1) la déviation de la rivière Turkwell (NS puis EW) le long d'un couloir transverse faillé EW intra-socle de second-ordre (Turkwell-Mont Porr ; ~20x100 km), 2) le blocage d'un réseau dense de rivières par la réactivation récente (<5 Ma.) du plan de faille bordière Ouest Napedet d'âge oligo-miocène 3) la formation d'une anomalie de type circulaire autour d'une structure antiforme initiée lors de l'inversion d'un dépo-centre au pied de la faille de Kerio et associée aux inversions tectoniques positives décrites pour la période récente (<3.7 Ma) dans une partie du rift Turkana.

D'une façon générale, ce travail apporte des résultats et des modèles nouveaux ayant des implications directes sur l'étude de la nucléation et de la propagation des bassins syn-rifts et des réseaux de failles associés aux segments de rift magmatiques marqués par un héritage structural important (socle, système rifté antérieur).

Thèses Clermont-Ferrand

Debaille (V.) - Etude des hétérogénéités spatiales de petite échelle des basaltes océaniques basée sur l'utilisation des rapports isotopiques de Sr, Nd, Pb et Hf (soutenue le 19 septembre 2005). Spécialité : Sciences de la Terre, Géochimie ; dir. : P. Schiano.

Résumé :

Etude des hétérogénéités spatiales de petite échelle des basaltes océaniques basée sur l'utilisation des rapports isotopiques de Sr, Nd, Pb et Hf

Ce travail de thèse a été consacré à l'étude des hétérogénéités du manteau à petite échelle, au moyen des rapports isotopiques de Sr, Nd, Pb et Hf. La première partie est dédiée aux zones de subduction. Bien qu'au moins trois composants soient invoqués dans la source des laves d'arc, des alignements isotopiques reflétant un mélange binaire ont été observés à l'échelle d'un volcan unique. Ces alignements reflètent un mélange pseudo-binaire dans un système à trois pôles via un modèle simple à deux étapes. Pour résoudre ce modèle, une procédure numérique a été développée, et a reproduit avec succès les mélanges isotopiques binaires observés dans les laves du volcan du Merapi (Indonésie). Le deuxième projet a été consacré à l'étude des MORB dans l'Atlantique Nord (22-35°N). Une analyse en composantes principales a permis d'identifier trois pôles géochimiques, qui sont le manteau appauvri, un composant commun de type « C », et un pôle enrichi, lié au point chaud des Açores.