

## Titre du projet : DYSHYD, DYnamique des Systèmes HYDrothermaux

Volet : Recherche

Porteur du projet : Jean Vandemeulebrouck

Laboratoires impliqués : ISTerre

## Bilan du projet pour la période 2013-2014

### Bilan d'activité (1 page max)

*Cadre de l'étude* : La zone volcanique des Champs Phlégréens, située dans une région densément peuplée à l'Ouest de Naples (Italie) est le siège depuis soixante ans d'une surrection du sol de plusieurs mètres d'amplitude cumulée, avec une accélération marquée depuis 2003. La surrection actuelle (Oct. 2014) est d'environ 10-15 mm par mois. Au centre des Champs Phlégréens, le cratère de la Solfatare de Pouzzoles représente une zone de dégazage majeur du volcan puisque près de 1500 tonnes de CO<sub>2</sub> et 3000 tonnes de vapeur d'eau sont émis par jour à la surface du sol. L'accroissement récent de l'activité fumerolienne et du dégazage diffus, ainsi que le changement de composition des gaz ont été interprétés comme résultant d'une plus grande contribution magmatique liée à la réactivation actuelle de ce volcan.

*Objectifs* : Ce projet vise à réaliser une série temporelle (time-lapse) de tomographies de résistivité électrique (ERT) du système hydrothermal superficiel (jusqu'à une centaine de mètres) de la Solfatara. La résistivité électrique du sol dépend fortement de son contenu en fluide, de la salinité et de la saturation en liquide de ce fluide, et de la température du milieu. Toute augmentation des flux de chaleur et de gaz lors d'une phase pré-éruptive se traduirait par une variation de la résistivité due à l'augmentation de la température et du contenu en gaz et la remontée des aquifères vers la surface. Le suivi temporel de la résistivité est couplé à des mesures permanentes à la surface de flux de gaz, de flux thermique par thermographie infrarouge, de sismicité, et de déformations du sol. L'objectif du projet est de reconnaître la dynamique du système hydrothermal et de détecter les épisodes de forçage magmatique.

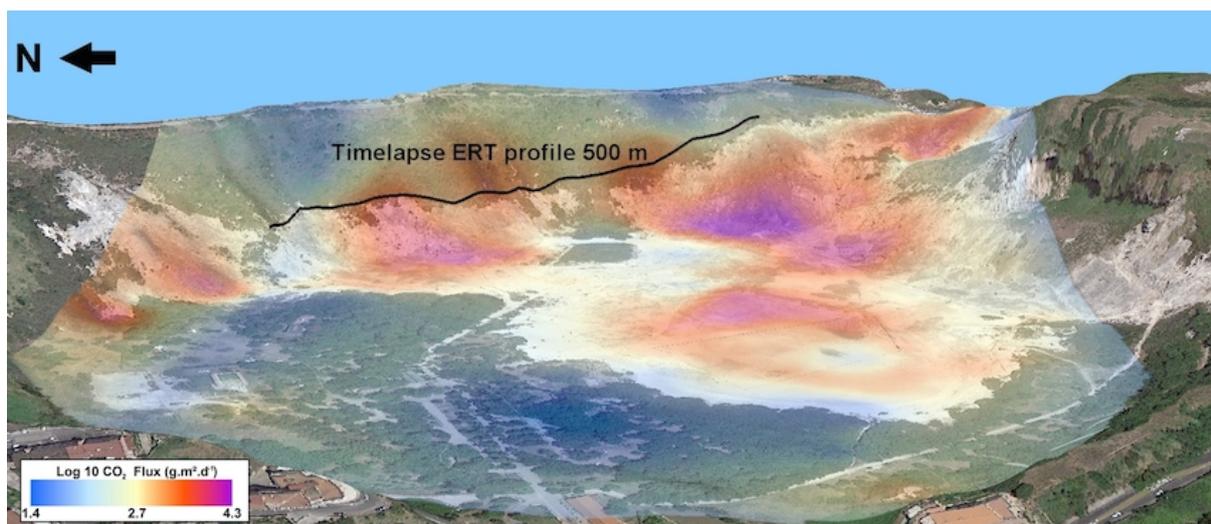
*Installation de l'équipement* : Les deux câbles de mesure de la résistivité financés par le Labex OSUG@2020, d'une longueur totale de 470 m et reliés aux 48 électrodes, ont été installés à la Solfatare en mai 2013. Pour des questions de sécurité et d'autorisation dans ce site très touristique, et pour réduire la corrosion et la détérioration thermique du matériel, nous avons choisi de les placer sur le flanc Est du cratère à la limite de la végétation (**Figure 1**). Il faut noter que le profil se trouve à proximité des zones de fort dégazage et que la température des électrodes à 70 cm de profondeur est en général très élevée (> 65°C). Le résistivimètre a été installé au Nord du profil dans un caisson étanche à côté de deux panneaux solaires fournissant l'alimentation électrique. Nous avons d'abord bénéficié du prêt d'un résistivimètre SYSCAL du laboratoire GéoAzur pendant un an, puis avons acquis sur un financement INSU un résistivimètre ABEM dédié à ce monitoring. La maintenance de cet équipement est compliquée, en raison de la distance géographique au laboratoire, des conditions environnementales très difficiles (température, acidité), et de la faune sauvage qui a endommagé le câble. Le fonctionnement automatique a aussi rencontré de nombreux problèmes en raison de la température élevée de l'électronique et nous avons dû réduire le nombre de points de mesure et l'intensité du courant injecté. Nous bénéficions heureusement du soutien de l'équipe de géochimie de l'INGV-Observatoire du Vésuve, et nous visitons souvent le site pour des campagnes géophysiques dans le cadre du projet européen MED-SUV, ce qui a permis de maintenir le système et de réaliser des séries de mesures complémentaires.

*Résultats* : Nous présentons ici les résultats obtenus jusqu'au mois d'Octobre 2014. Les fichiers de résistivité

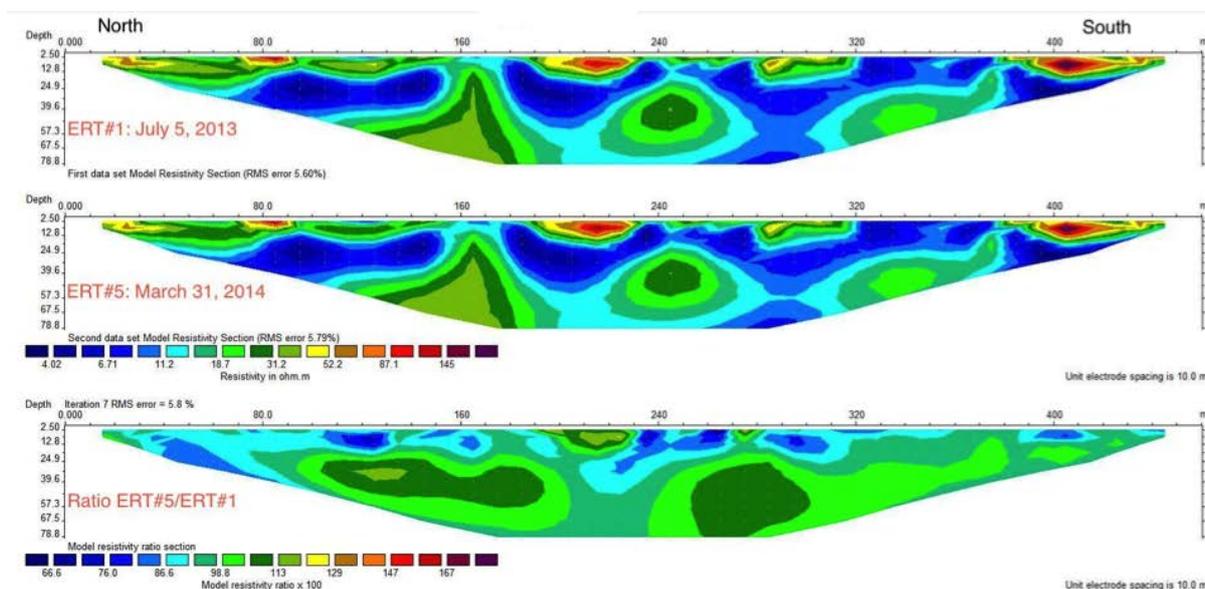
apparente ont été filtrés pour enlever les valeurs aberrantes puis l'ensemble des tomographies a été inversé lors d'un même calcul pour réduire l'incertitude et construire un modèle moyen cohérent. La **Figure 2** permet d'analyser les variations de résistivité en comparant la tomographie de mars 2014 avec la tomographie de juillet 2013. Sur ces tomographies très similaires, on observe la présence d'un aquifère (zone de faible résistivité en bleu) à environ 30 m de profondeur, se trouvant au dessus d'une zone plus résistive considérée comme étant une zone saturée en gaz. Le calcul du ratio entre les deux modèles montre que la résistivité a diminué dans la couche superficielle (jusqu'à 25 m) alors qu'elle a augmenté à plus grande profondeur. Cette variation peut être interprétée comme résultant d'une remontée de la couche saturée en liquide (aquifère conducteur) et de l'expansion de la couche vapeur sous-jacente. Une variation similaire est observée sur le profil vertical de résistivité entre septembre 2013 et octobre 2014 (**Figure 3**). Ce type de processus pourrait correspondre à un accroissement des flux gazeux d'origine magmatique et/ou un réchauffement du système qui produirait une expansion des zones de phase vapeur.

L'équipement est toujours en place et devrait nous permettre de suivre la dynamique du système hydrothermal de la Solfatara dans les prochains mois.

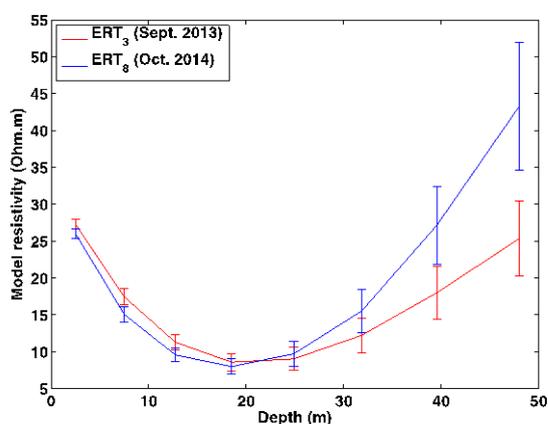
### Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)



**Figure 1** : Localisation du profil time-lapse de tomographie de résistivité électrique (ERT) dans le cratère de la Solfatara de Pouzzoles (Italie). Les valeurs du flux de CO<sub>2</sub> sont reportées à la surface.



**Figure 2:** Modèles de résistivité du 5 juillet 2013 et du 31 Mars 2014 et ratio des deux modèles de résistivité.



**Figure 3:** Profils verticaux du modèle de résistivité, en septembre 2013 et octobre 2014. On observe que le sous-sol est devenu plus conducteur en surface et plus résistif en profondeur, ce qui pourrait indiquer une remontée de l'aquifère et une expansion de la couche vapeur sous-jacente.

### Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

- Article : S. Byrdina, J. Vandemeulebrouck, C. Cardellini, A. Legaz, C. Camerlynck, G. Chiodini, T. Lebourg, M. Gresse, P. Bascou, G. Motos, A. Carrier, S. Caliro, (2014), Relations between electrical resistivity, carbon dioxide flux, and self-potential in the shallow hydrothermal system of Solfatara (Phlegrean Fields, Italy), *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 283, DOI:10.1016/j.jvolgeores.2014.07.010.

**Bilan financier succinct** (avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...)

**Equipement :**

- Financement Labex OSUG@2020, montant total : 7997 €
  - 2 flutes électriques de 24 sorties espacées de 10m,
  - 1 rallonge de 300m,
  - 60 électrodes acier.
- Co-financement INSU en Equipement : 14 598 Euros
  - Un résistivimètre ABEM SA 1000 d'occasion+ Un Boitier d'adressage ES1064 avec adaptateurs :

**Fonctionnement**

- Labex OSUG@2020 (petit matériel) et Frais de mission d'installation de l'équipement Time-lapse: 8200 €
- Cofinancements Projet Européen FP7 MEDSUV (MEDiterranean SUper Volcanoes, AO interne ISTerre et EOM Université de Savoie, en Fonctionnement et Frais de mission (campagnes de mesures complémentaires, maintenance) : 12 500 €

**Budget total** : 43295 €, dont Equipement 22 595 € et Fonctionnement 20 700 €

**Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)**