

ÉTUDE DE L'ACTIVITÉ DES VOLCANS DE BOUE (PACLELE MARI ET MICI) DE BERCA (BUZAU, ROUMANIE) À L'AIDE DE LA TECHNIQUE D'INTERFÉROMÉTRIE DIFFÉRENTIELLE (DINSAR)

Kamel HACHEMI¹, Abdelkader ABDELLAOUI², Florina GRECU³,
André OZER⁴, Mircea Cristian VISAN³, Taffy MARTIN⁵

RÉSUMÉ

La région de Buzau (Roumanie) est reconnue par la présence des volcans de boue considérés comme des indicateurs des gisements pétrolifères et des sites touristiques. Il n'y a pas beaucoup de travaux les concernant ce qui implique qu'ils sont mal connus. Généralement, ils ne sont pas considérés comme des volcans dangereux à caractère désastreux ou présentant un risque majeur. Cependant, beaucoup d'interrogations ont suivi la catastrophe de l'éruption du volcan Lusi (Sdorjo, île de Java, Indonésie) surtout sur leurs risques en cas d'accident de forage ou de tremblement de terre (hypothèses émises expliquant cette éruption). L'éruption de ce volcan s'est produite deux jours après le séisme du 27 mai 2006 considéré assez éloigné (épicode de 280 km de la zone d'éruption) et après un jour de l'accident industriel dû au forage (puits d'exploitation de gaz de la société Lapindo Brantas) survenu le 28 mai 2006 et qui s'est produit à 200 m de la zone d'éruption. Ce volcan a provoqué des conséquences catastrophiques. Depuis cette date (29 mai 2006) de déclenchement (l'éruption), des milliards de tonnes de boue ont dévasté la région industrielle de l'île (Java).

Vu les conditions et la situation similaire des volcans de boue de Berca qui se résume par une exploitation pétrolière intense et une activité sismique très importante dans la région (**tableau 2** ; séismes de : 1977 (M=7,2), 1986 (M=6,9) et 1990 (M=7,1)), ces volcans peuvent se comporter ou se manifester comme leurs homologues, les volcans de l'île de Java. On peut donc s'interroger à propos de l'influence de ces séismes et de ces forages sur l'activité des volcans de boue dans la zone de Berca. Dans les volcans de boue, la majorité du fluide qui se dégage des profondeurs, comme ici entre 200 et 300 m, est le gaz de méthane en forme de bulles qui

s'échappent des profondeurs souterraines et sont envoyés directement dans l'atmosphère. À cet effet, les volcans de boue affectent à la fois les changements climatiques et la géomorphologie. Ainsi, il y a de quoi s'inquiéter sur leur activité à augmenter et à amplifier la quantité du taux de gaz et de boue libérée.

Les volcans de boue de Berca (Buzau) se situent à la verticalité de l'anticlinal orienté Nord-Sud sur une longueur d'environ 20 km (**tableau 1**). Ils ressemblent à des monticules de boue séchée ou glissante (**Planche 4**), et représentent un paysage quasi lunaire (les plantes environnantes ne s'habituent pas à la nature du sol) ce qui est plus favorable pour les études d'interférométrie radar (InSAR/DinSAR), car la phase ne sera pas perturbée par la végétation.

Ces volcans sont situés entre le croisement d'une faille avec l'axe anticlinal. Ils sont caractérisés par l'existence de plusieurs cratères apparaissant à la surface comme un plateau bombé et formé par l'accumulation des boues éruptives. Au long de l'anticlinal, sont formés quatre groupes de volcans de boue ; les plus importants sont les deux volcans « PACLELE ». La distance qui sépare les deux volcans de boue (Nord et Sud) est d'environ 2,5 km.

La présente étude concerne le suivi de leurs activités dans une période courte allant des mois d'octobre et décembre 2004 au mois d'avril 2005 à partir de la détection des faibles déformations de ces volcans en utilisant la technique d'interférométrie différentielle (DinSAR) à l'aide des images radar RSO (SAR) de la plateforme ENVISAT.

Le choix des images est basé sur les conditions de faisabilité ; nous avons considéré les données par intervalle Baseline temporelle (B_{temp}) (d'1 jour à 4 ans) et Baseline spatiale (B) (B<1000 m). Les 8 images radar SLC, quatre du satellite ERS et quatre du satellite ENVISAT, sont res-

1. Laboratoire de Géographie Physique (LGP), UMR 8591 CNRS, Univ. Paris-Est., Univ. Paris-1 ; hachemi_kamel@yahoo.fr; kamel.hachemi@u-pec.fr

2. Lab'Urba, Université Paris Est-Créteil Val de Marne, abdellaoui.geo@gmail.com

3. Faculté de géographie, Université de Bucarest, Roumanie ; grecu@geo.unibuc.ro, visanmirceacristian@gmail.com

4. Laboratoire de géomorphologie et télédétection, Université de Liège, Belgique ; a.ozier@ulg.ac.be

5. Professeur Émérite, Université de Poitiers ; taffy.martin@wanadoo.fr

pectivement obtenues selon les orbites successives et parallèles ; les dates d'acquisition s'échelonnent de 1995 à 1999 pour ERS et 2004 à 2005 pour ENVISAT (**tableau 3**). Ces images sont acquises à partir d'un passage de jour (orbite descendante), d'une direction azimutale vers le bas. Dans son passage, le radar RSO illumine la scène vers la droite en visée latérale avec un angle d'incidence de 23°, dans la bande « C » de longueur d'onde égale à 5,65 cm, et une polarisation verticale (V/V). Les 4 images ERS en mode SLC couvrent une zone de (100 km x 100 km) ; elles forment un couple tandem (ERS1 et ERS2) à un jour d'intervalle.

L'objectif principal de cette étude est ainsi de surveiller et de détecter les faibles déformations (étudier le champ de déformation) dues à l'activité des volcans de boue dans la zone de Berca, qui sont l'une des particularités de la région et de la vallée de Buzau. Nous avons pu réaliser des interférogrammes différentiels montrant des franges de déplacements dans deux couples des images du satellite ENVISAT d'intervalle de 70 et 105 jours (**Planches 7 et 8**). Les images de cohérence réalisées, qui ont montré des bonnes cohérences au-dessus de ces deux volcans de boue entre ces deux périodes d'acquisition, témoignent de la fiabilité des interférogrammes différentiels générés. Nous avons pu constater que le volcan nord (Paclele Mici) est plus actif que le volcan sud (Paclele Mari) dans cette période précise.

L'exploitation de la phase à l'aide de la technique d'interférométrie (DinSAR) a permis de détecter et de constater l'activité des volcans de boue de Berca. Les positions des volcans de boue sont représentées par une bonne cohérence grâce à l'écoulement lent et la solidification rapide de la boue à la surface, ce qui a garanti la stabilité de la phase enregistrée entre ces deux périodes. On peut dire avec réserve que l'activité du volcan de boue Nord (Paclele Mici) est due aux activités sismiques. Concernant les activités des exploitations pétrolières et faute au manque des données, on ne peut pas se prononcer sur leur rôle dans ce phénomène.

MOTS-CLÉS :

Volcans de boue ; Radar ; Interférométrie différentielle ; RSO ; DinSAR ; ENVISAT ; Roumanie.

Comment citer cet article (version originale publiée en anglais) :

HACHEMI K., ABDELLAOUI A., GRECU F., OZER A., VISAN M. C., MARTIN T., 2021. Paclele Mari and Mici mud volcano activity in Berca (Buzau, Romania) studied via DinSAR (differential SAR) interferometry. *Photo Interprétation European Journal of Applied Remote Sensing*, 55, 31-42.

LISTE DES TABLEAUX, FIGURE ET PLANCHES

Tableaux

Table 1. Coordonnées géographiques et altitudes des deux volcans de boue de Berca (Buzau).

Table 2. Les principaux tremblements de terre survenus dans la région d'étude.

Table 3. Spécifications des couples d'images (tandems) ERS-1/2 et ENVISAT.

Figure

Figure 1. Image amplitude de la région d'étude.

Plates

Plate 1. Exemples montrant des rejets de gaz (méthane combiné avec dioxyde de carbone et azote) dans l'atmosphère.

Plate 2. Exemples de transformation du paysage à cause des boues expulsées.

Plate 3. Exemples de volcans de boue de Berca.

Plate 4. Les étapes de formation du cratère d'un volcan de boue de Berca, depuis l'expulsion de la boue jusqu'à la formation d'un cône de boue sèche.

Plate 5. Carte de localisation : profondeur et axes des épicentres des tremblements de terre survenus dans la zone d'étude entre 1973 et 2008.

Plate 6. a) Zone de stockage des hydrocarbures ; pompe d'extraction de gaz dans la région de Berca.

Plate 7. Amplitude, cohérence et interférogramme différentiel pour le tandem Envisat octobre/décembre 2004 et comparaison avec images optiques ASTER de 2000 et 2002.

Plate 8. Images de cohérence (a, b) et interférogrammes différentiels pour les deux tandems Envisat.

Plate 9. a) Glissement et accumulation de boue au volcan de Berca et b) solidification rapide de cette coulée.

Plate 10. Carte de localisation des épicentres des tremblements de terre survenus dans la zone d'étude entre le 18 octobre et le 27 décembre 2004.

Plate 11. Carte de localisation des épicentres des tremblements de terre survenus dans la zone d'étude entre le 27 décembre 2004 et le 11 avril 2005.