

## Evaluation des effets de sites d'origine géomorphologique et géologique de subsurface dans les pentes soumises à des sollicitations dynamiques : simulations numériques et validation sur le site de Byblos au Liban.

**Rita ABOU JAOUDE**

De nombreuses observations de terrain et travaux de recherche ont montré de fortes variations dans la distribution spatiale du mouvement du sol au cours des grands tremblements de terre. Ces effets locaux, appelés communément effets de site, trouvent leur origine dans des hétérogénéités géologiques du milieu (effets de site géologiques de type remplissage sédimentaire) ou dans la présence de reliefs (effets de site topographiques). Ces deux situations vont induire des modifications des caractéristiques spatiales, spectrales et temporelles du signal vibratoire liées à des phénomènes de combinaisons d'ondes entre le signal incident et les ondes réfléchies, réfractées ou diffractées sur les différents éléments structuraux ou topographiques.

Malgré l'ampleur de tels phénomènes, l'étude de la stabilité des pentes sous sollicitations dynamiques reste encore mal maîtrisée. Des travaux de recherche (Bourdeau, 2005, Nguyen, 2015, Zhang, 2018) réalisés au centre de Géosciences de MINES ParisTech sur la base de simulations numériques menées avec le logiciel de calculs en déformation FLAC (Itasca) ont d'ores et déjà permis d'apporter des résultats concernant le rôle de la topographie sur l'amplification du signal sismique dans des configurations topographiques de pente uniforme.

Un des faits étonnants lié aux effets de site géomorphologiques vient de l'écart entre les prédictions numériques et les observations expérimentales, écart variable selon les sites, et ce sans logique apparente. Il est donc nécessaire de compléter ce travail en réalisant une comparaison soignée entre modélisations bien contraintes et observations de terrain expérimentales.

Le site de Byblos au Liban constitue un site d'application intéressant par sa configuration géologique et géomorphologique. Des investigations géophysiques pourraient être mises en œuvre pour acquérir les données géologiques et sismiques nécessaires à la simulation (modèle de vitesse sismique en particulier). La mise en place d'une instrumentation semi-permanente permettra d'enregistrer des mouvements du sol en différents points choisis du site (le long d'un profil topographique ou d'une structure géologique particulière par exemple) à partir d'un micro-zonage du site. Des méthodes d'analyse des signaux (MASW - Multichannel analysis of surface waves- et H/V) permettront d'étudier la cohérence des différents signaux enregistrés. Des simulations numériques de propagation d'ondes dans le massif (logiciel SPECFEM développés par Komatitsch et très utilisé dans la communauté sismologique) ainsi que des simulations numériques avec le logiciel FLAC permettront de comparer modélisation et instrumentation tant sur l'aspect de la distribution spatiale du mouvement du sol que sur les conséquences en terme de stabilité des pentes.

Bourdeau, C., 2005. Effets de site et mouvements de versant en zones sismiques: apport de la modélisation numérique. École Nationale Supérieure des Mines de Paris.

Nguyen, K.-V., Gatmiri, B., 2007. Evaluation of seismic ground motion induced by topographic irregularity. *Soil Dyn. Earthquake Eng.* 27, 183-188.

Zhang, Z., Fleurisson, J.A. and Pellet, F.L., 2018. A case study of site effects on seismic ground motions at Xishan Park ridge in Zigong, Sichuan, China. *Engineering Geology*, 243, pp.308-319.

Zhang Z, Fleurisson JA, Pellet FL. Numerical evidence of site effects contributing to triggering the Las Colinas landslide during the 2001 M w= 7.7 El Salvador earthquake. *Landslides*. 2018 Dec 1;15(12):2373-84.