

## **CONTRIBUTION DES EFFETS DU SITE A L'EVALUATION DE LA REDUCTION DES RISQUES SISMIQUES (cas de dans la ville de ZEMMOURI ALGERIE)**

**DJEDDI MOHAMED**

### **INTRODUCTION**

L'objectif principal de la réglementation sismique est la préservation des vies humaines lors des tremblements de terre. Pour cela, nous avons besoin de concevoir et de dimensionner nos structures de façon à garantir leur résistance à secousses sismiques sans dégradation des éléments structuraux ou l'effondrement. L'interaction sol-structure est un phénomène important à considérer dans l'estimation du comportement de la structure réelle et, par conséquent, d'évaluer sa vulnérabilité. Les effets de site sont évalués, dans le cadre d'études de microzonage sismique, dans le but de concevoir des bâtiments à venir avec des paramètres dynamiques différentes de celles de la terre, afin d'éviter la fréquence de résonance entre les bâtiments et le sol. Le but principal du calcul de l'interaction sol-structure est d'assurer la stabilité globale d'une structure donnée lorsque le paramètre du sol est pris en compte. Dans ce travail, nous cherchons à évaluer la réponse sismique du sol dans la région de Zemmouri en utilisant la méthode spectrale de bruit de rapport H / V ambiante. Nous utilisons une seule station de mesure pour voir si ou non la structure géologique locale peut conduire à des effets de site. Pour effectuer cette étude, 59 enregistrements de bruit ambiant ont été utilisés.

### **Cadre tectonique et géologique**

Les régions de Boumerdès et d'Alger appartiennent à la zone sismique active du nord de l'Algérie où plusieurs failles actives, capables de générer de forts séismes, ont été identifiées. Le 21 mai 2003, un puissant séisme de magnitude  $M_w = 6,8$  a frappé la région provoquant de lourds dégâts dans la région de Boumerdès, où plus de 2000 vies humaines ont été perdues [1]). La ville de Zemmouri a été gravement endommagée lors de ce séisme. Cette ville a été construite sur la couverture sédimentaire quaternaire (sable, argile sableuse) qui peut être la cause de l'amplification du mouvement sismique. La ville de Zemmouri est l'une des régions les plus lourdement endommagée à la suite de ce tremblement de terre.

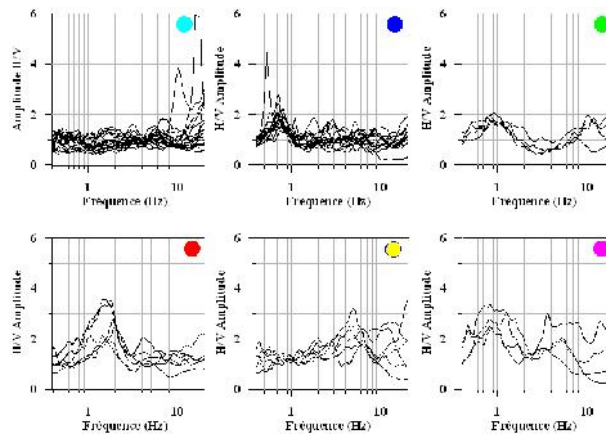
### **Acquisition et traitement des données**

Nous avons mené l'expérience des vibrations ambiantes dans la ville de Zemmouri en utilisant un CityShark, une station unique [2] couplé à trois composants sismomètres Lennartz de cinq secondes. Cette combinaison est adaptée à ce type d'expérience [3]. Chaque enregistrement a une durée de 15 minutes, et un taux d'échantillonnage de 200 . L'acquisition des données a été faite en tenant compte des recommandations SESAME [4]. Toutes les données portant sur l'analyse spectrale ont été traitées avec le logiciel de Geopsy distribué gratuitement (<http://www.geopsy.org>).

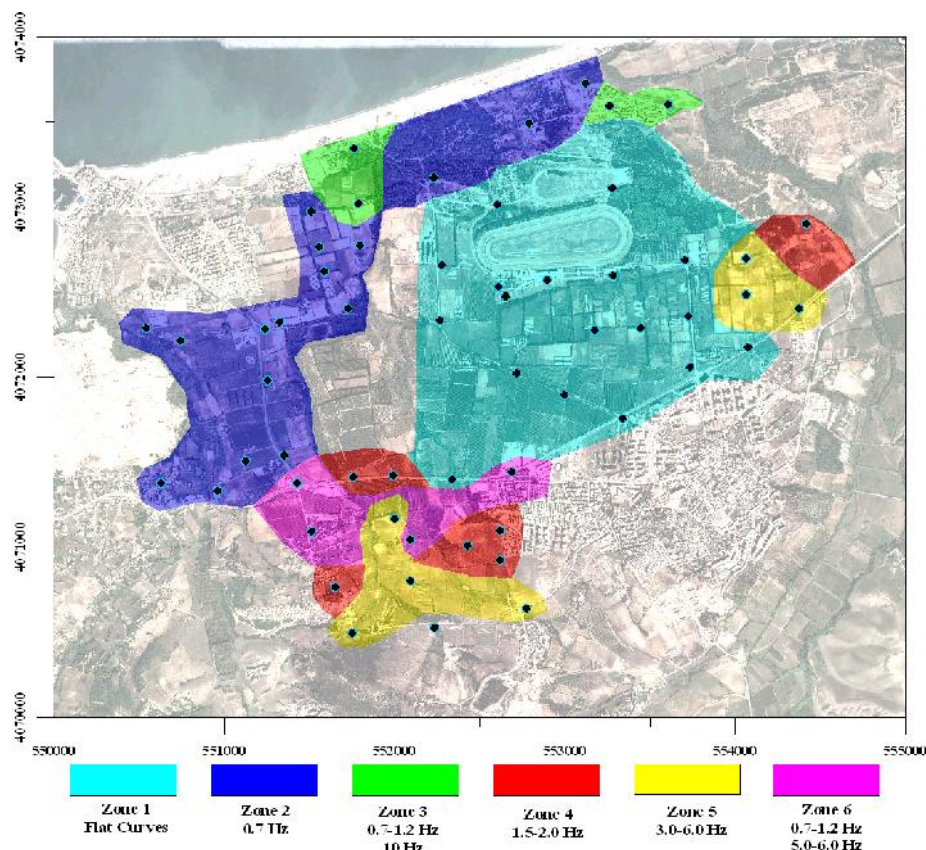
### **Rapport spectral H / V et la distribution de fréquence des sols**

La méthode H / V de bruit ambiant est souvent utilisé dans les études de microzonation sismiques afin d'identifier les effets de site [5]. En effet, la méthode est un outil puissant pour obtenir une bonne estimation de la fréquence de résonance fondamentale du sol [6]. Dans la région de Zemmouri la distribution des fréquences fondamentales du sol a été obtenu à partir d'enregistrements de vibrations ambiantes en utilisant le rapport spectral H / V. Les courbes H / V résultantes n'ont pas la même forme dans toute la région étudiée et peuvent être classés en trois catégories dont les fréquences vont de 0,5 à 20 Hz: (i) correspondent à une des courbes planes où il est difficile d'identifier le pic, (ii) des

courbes avec un pic clair et (iii) les courbes avec un pic ayant un large intervalle de fréquence (bump) (figure 1). Ces différentes catégories ne sont pas distribués au hasard, mais définissent différentes zones (figure 2). La première catégorie mentionnée ci-dessus, attribuée au sol mou, est obtenue pour des amplitudes allant de 1,0 à 1,5 et obtenu dans la partie centrale de l'étude (Figure 2). Dans la deuxième catégorie, trois zones homogènes ont été définis et correspondent à la gamme de fréquence de crête de 0,7 Hz (zone 2), de 1,2 à 2,0 Hz (zone 4), et de 4,0 à 6,0 Hz (zone 5). Dans la troisième catégorie, deux zones non contiguës ont été identifiés. En effet, les pics en dépit de leur faible amplitude sont importants à considérer, car ils reflètent peut-être la réponse de la colonne de sédiments quand ils sont concentrés dans une même zone [7]. La répartition spatiale des différentes zones est indiquée sur la figure 2.



**Figure 1.** Courbe H / V pour la ville de Zemmouri divisé en six groupes suivant la forme des courbes. Les six groupes sont utilisés pour définir six zones indiquées avec des couleurs différentes sur la figure 2.



**Figure 2.** Distribution des pics de fréquence  $H/V$  pour la ville de Zemmouri. Les cercles pleins représentent l'emplacement des enregistrements de bruits ambiants monopostes. Zone 1 représente les courbes  $H/V$  plate et sans pics clairs (catégorie 1). Zones 2, 4 et 5 représentent les  $H/V$  avec des pics clairs (catégorie 2). Zones 3 et 6 correspondent à des courbes à bosses (catégorie 3). Les formes des courbes  $H/V$  pour les différentes zones est indiqué sur la figure 1.

## Discussion

Depuis le dernier tremblement de terre du 21 mai 2003 qui a affecté et causant de graves dommages dans la région de Zemmouri, de nombreuses nouvelles constructions ont été réalisées, y compris les bâtiments élevés de huit (8) à neuf (9) étages ainsi que la mi-hauteur de quatre (4) étages. Il est donc intéressant de voir si ou non ces types de conceptions de bâtiments s'inscrivent dans la gamme de fréquence de résonance du sol à l'aide de la relation empirique ( $FB = 10 / N$ ) à partir du code de réglementation algérienne [8]. Cette relation permet d'estimer la fréquence d'un immeuble donné en fonction du nombre d'étages (N). Nous observons que les bâtiments de fréquences naturelles sont, respectivement, 1,1, 1,3 et 2,5 Hz pour les neuf (9), huit (8) et les bâtiments de quatre (4) étages. Considérant les zones cartographiées de la figure 2, on remarque que: zone 1, qui ne présente pas d'amplification et zone 2, caractérisé par un pic à très basse fréquence (0,7 Hz) sont favorables à recevoir les trois types ci-dessus des bâtiments, Zone 3 et 6 qui présentent une bosse à basse fréquence (0,7 et 1,5 Hz) n'est pas favorable à huit (8) et neuf (9) bâtiments d'un étage alors qu'il est favorable à recevoir des bâtiments quatre (4) étages. Zone 4, caractérisé par un pic à des fréquences de 1,2 et 2,0 Hz, qui correspondent à des fréquences de huit (8) et neuf (9) étages et devrait donc être rejeté; Il est également défavorable pour la construction de quatre étages parce que sa fréquence fondamentale est proche à la fréquence sol. Enfin, la zone de cinq (5) dont la fréquence caractéristique de 4 à 6 Hz (plus élevé que les trois types de fréquences de construction) est favorable à recevoir les trois types de bâtiments. D'autre part, il a été montré que la fréquence d'un bâtiment donné peut diminuer avec le temps en raison de l'âge, la détérioration des matériaux ou lorsque les bâtiments ont connu un fort tremblement de terre [9].

## Conclusion

Les séismes récents montrent que les effets de site (amplification du sol) sont parmi les principales causes de dommages et destruction des bâtiments. Nous effectuons les mesures  $H/V$  dans la ville de Zemmouri (Boumerdes), dans le cadre d'une étude de microzonage. Les résultats sont présentés sous forme de carte de fréquences de résonance montrant six (6) zones. Sur la base de cette carte, nous vous proposons le type approprié de constructions (nombre d'étages) que chaque zone peut recevoir afin d'éviter des effondrements lors d'un violent tremblement de terre éventuel.

## References

- [1] Bounif, A., C. Dorbath, A. Ayadi, M. Meghraoui, H. Beldjoudi, N. Laouami, M. Frogneux, A. Slimani, P. J. Alasset, A. Kharroubi, F. Ousadou, M. Chikh, A. Harbi, S. Larbes, and S. Maouche (2004). The 21 May 2003 Zemmouri (Algeria) earthquake  $M_w$  6.8: Relocation and aftershock sequence analysis. *Geophysical Research Letters* **31**, L19606,1-4.

- [2] Chatelain, J.-L., P. Guéguen, B. Guillier, J. Fréchet, F. Bondoux, J. Sarrault, P. Sulpice, and J.-M. Neuville (2000). CityShark: A user-friendly instrument dedicated to ambient noise (microtremor) recording for site and building response studies. *Seismological Research Letters* **71**-6, 698–703.
- [3] Guillier, B., K. Atakan, J. L. Chatelain, J. Havskov, M. Ohrnberger, F. Cara, A. M. Duval, S. Zacharopoulos, P. Teves-Costa, , and the SESAME (2008). Influence of instruments on the H/V spectral ratios of ambient vibrations, *Bull. Earthquake Eng.* **6**, 3–31, doi 10.1007/s10518-007-9039-0.
- [4] SESAME European research project, (2005). Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. *Project No. EVG1-CT-2000-00026 SESAME*. <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr>
- [5] Hellel, M., E. H. Oubaiche, J.-L. Chatelain, D. Machane, R. Bensalem, B. Guillier, and GhaniCheikhounis (2012). Basement mapping with single-station