



Thèse



Apport des enregistrements de séismes et de bruit de fond pour l'évaluation site-spécifique de l'aléa sismique en zone de sismicité faible à modérée

Vincent PERRON, CEA

Résumé

Les effets de site peuvent augmenter fortement la durée et l'amplitude des sollicitations sismiques imposées aux structures. Les effets de site 2D-3D induisent des amplifications sur une large-bande de fréquence qui ne peuvent pas être simulées numériquement jusqu'à haute fréquence (>2-4 Hz) du fait de la limite de résolution des connaissances géologiques, géophysiques et/ou géotechniques du sous-sol. Les évaluations empiriques des effets de site sont donc indispensables pour pouvoir observer ce phénomène complexe de façon fiable jusqu'à haute fréquence. Cependant, de telles évaluations nécessitent souvent un enregistrement de bonne qualité de nombreux séismes ce qui rend leur obtention rapide difficile dans les régions faiblement actives.

Ce travail présente une analyse comparative de ces évaluations empiriques sur deux sites très différents, l'un en contexte sismique modéré (Provence, France) et l'autre en contexte très actif (Céphalonie, Grèce). Sur le site provençal, ce sont tout de même près de 500 séismes qui ont pu être enregistrés en l'espace de 2½ ans grâce à l'utilisation de vélocimètres. Une mesure du paramètre d'atténuation de site κ_0 a ainsi pu être réalisée via l'analyse des spectres en accélération (κ_{0_AS}) et en déplacement (κ_{0_DS}). Nos résultats montrent que la mesure de κ_0 n'est relativement fiable que sur les sites au rocher, principalement du fait de la perturbation trop importante de l'amplification sur les sites sédimentaires même assez raides. La méthode des rapports spectraux sismiques (SSR) permet l'évaluation des effets de site relatifs à partir des nombreux enregistrements de mouvement faible disponibles sur les sites de Provence et de Céphalonie. Les résultats montrent une forte variabilité épistémique attribuable à l'éclairage induit par la position de la source sismique vis-à-vis du bassin. Ainsi, une estimation fiable de la réponse des sites est possible à partir de quelques événements seulement dans le cas 1D, mais nécessite un nombre beaucoup plus important de séismes répartis de façon homogène autour du site dans les cas 2D-3D. Les résultats SSR moyens sont ensuite comparés à ceux issus des méthodes utilisant le bruit ambiant. Conformément aux attentes, la méthode des rapports spectraux H/V (HVSr) ne permet que de caractériser la fréquence fondamentale pour certains sites. À l'inverse, la méthode SSR appliquée au bruit ambiant (SSRn) montre des résultats très comparables à ceux de la méthode SSR jusqu'à haute fréquence à la condition que le site de référence soit pris dans le bassin sédimentaire. Les approches par corrélation de bruit (cohérence et ANIRF) révèlent qu'une estimation de la fonction de transfert relative à un site de référence au rocher est possible au moins jusqu'à basse fréquence (<4 Hz). L'utilisation du bruit ambiant permet ainsi d'envisager l'évaluation rapide de la réponse des sites et de sa variabilité spatiale (microzonage), même lorsque la sismicité est faible. Les méthodes empiriques d'évaluation des effets de site sont donc applicables partout. Elles apportent un complément essentiel aux approches numériques, qui restent indispensables

lorsque la couverture des séismes disponibles n'est pas homogène ou que les sols sont susceptibles de présenter des comportements non-linéaires.

Ces résultats permettent de proposer une méthodologie d'évaluation de l'aléa sismique site-spécifique qui se décompose en trois étapes principales : (i) ajustement des équations de prédictions de mouvement du sol (GMPEs) sur le site de référence au rocher au moyen, entre autres, de κ_{0_DS} ; (ii) évaluation empirique fiable de la réponse d'au moins un site dans le bassin relativement au site de référence (pour lequel les GMPEs ont été ajustées) par la méthode SSR ; (iii) réalisation de cette évaluation à partir de l'ANIRF dans les régions les moins actives sismiquement et/ou extension à toute la zone d'étude à partir du SSRn. Cette méthodologie permet d'envisager une bien meilleure prise en compte des effets de site (en particulier 2D-3D) et une réduction importante des incertitudes dans les évaluations de l'aléa sismique spécifique à un site. Elle nécessite simplement l'enregistrement simultané de séismes sur au moins deux sites équipés de vélocimètres sensibles, et la réalisation de campagnes de mesure temporaire du bruit ambiant, si nécessaire.

Cette thèse a été financée par le CEA dans le cadre du programme CASHIMA et par l'IRSN.