
Développement d'un spectre à risque uniforme pour la région d'Alger

F. Gherboudj^{1*}, N. Laouami¹, A. Slimani¹

¹CGS, Centre national de recherche appliquée en génie parasismique
Rue Kaddour Rahim; B.P.252; Hussein Dey; Algiers; Algeria.

*Gherboudj_faouzi@yahoo.fr

RESUME. Cet article présente l'évaluation de l'aléa sismique en terme d'accélération spectrale (SA) dans la région d'Alger en utilisant la méthode probabiliste (PSHA). En général, les résultats attendus de l'étude d'Aléa sismique est de fournir les accélérations maximales de calcul pour une période de retour donnée. Dans ce travail, on s'intéresse au développement de spectre à risque uniforme (UHS), outil nécessaire pour tout calcul au séisme des ouvrages tenant en compte les sources sismiques aussi bien du champ proche et du champ lointain, de tel spectres fournissent les accélérations spectrales pour un éventail de période de structures et pour un niveaux de risque uniforme (100 et 500 ans). L'analyse des incertitudes effectuée, montre l'importance du choix de ou des lois d'atténuation à utiliser.

ABSTRACT. This article presents the evaluation of seismic hazard in terms of spectral acceleration (SA) in the Algiers region using the probabilistic approach (PSHA). In general, the expected result of the study of seismic hazard is to provide maximum acceleration for calculating a given return period. In this work, we study the development of uniform hazard spectrum (UHS), a tool necessary for any calculation of the earthquake structures taking into account the seismic sources both near field and far field of such spectra provide accelerations spectral range for a period of structures and for a uniform hazard level (100 and 500 years). The uncertainty analysis performed shows the importance of the choice of laws or mitigation to use.

MOTS-CLES : Aléa sismique, Spectre à risque uniforme, Période de retour, Spectre de réponse.

KEYWORD: Seismic Hazard, Uniform hazard spectrum, return period, response spectra.

1. Introduction

Cet article présente l'évaluation de l'aléa sismique au site de la ville d'Alger en utilisant différents modèles d'atténuation de l'accélération horizontale. L'Aléa sismique est présenté sous forme d'accélération maximale (PGA). L'objectif principal de cette étude est d'analyser l'influence des modèles d'atténuation sur l'évaluation de l'aléa sismique. La sélection d'une loi d'atténuation appropriée est cruciale, pour cela, quatre loi d'atténuation apparaissent représenter les données sismiques algériennes ont été choisies.

Les spectres d'aléa uniforme (terminologie dérivée de l'américain Uniform-Hazard spectra UHS) sont obtenus à partir du traitement des amplitudes spectrales, associées à certaines valeurs de probabilité de non-dépassement et ce, pour plusieurs fréquences. Les valeurs de probabilité de non-dépassement (P) d'un paramètre dépendent étroitement du type d'installation envisagé et correspondent généralement aux périodes de retour (T) et durée de vie de l'ouvrage (t) standards préconisés dans les codes parasismiques internationaux (valeurs classiquement retenues ; T=100, 5 00 ; P = 10%, 50%). Le taux d'amortissement critique (ξ) est en général pris égal à 5%.

Alger, la Capitale de l'Algérie, avec une population d'environ trois millions, représente la plus importante concentration des investissements et institutions gouvernementales. Elle est le centre intellectuel, social, culturel, politique et économique du pays. Le modèle d'aléa sismique a été développé pour des sources sismiques situées dans une large zone comprenant la Wilaya d'Alger, spécifiquement dans un secteur situé entre la latitude 35.5° et 37.5° N et entre la latitude 2° et 4.5° E. Cette large région à été volontairement sélectionnée pour s'assurer que toutes les sources sismiques potentielles pouvant contribuer au risque sismique de la wilaya ou de la ville d'Alger sont prise en compte.

2. Cadre tectonique et sismicité

Le modèle général pour l'activité tectonique post Miocène en Algérie du Nord a été développé grâce aux nombreuses investigations détaillées sur le tremblement de terre de 1980 à El Asnam (Yielding et al. 1981 ; Meghraoui et al. 1986). Les investigations locales sur d'autres séismes du nord de l'Algérie et d'autres travaux de sismotectoniques ont confirmé les observations faites sur El Asnam et sur d'autres zones de l'Algérie (Meghraoui et al., 1988 ; Meghraoui, 1992a, 1992b ; Swan, 1988 ; Cygne et al., 1984 ; Boudiaf , 1996). La caractérisation des sources sismique présentées dans la présente étude est conforme à ce modèle pour la localisation de la déformation néotectonique de compression NNW-SSE par la

d'atténuation empiriques développées dans d'autres régions tectonique actives, principalement de l'ouest des Etats-Unis d'Amérique, de l'Europe méridionale et du Moyen-Orient.

Dans cette étude, les quatre lois d'atténuation utilisées sont les suivantes:

- Ambraseys et al. (2005).
- Abrahamson et Silva (1997).
- Sadigh et al, (1997).
- Berge et Theiry (2003).

4. Calcul d'Aléa sismique et analyse des incertitudes

La figure 2 montre clairement que l'Aléa sismique est très sensible aux modèles d'atténuation choisis. Le niveau d'accélération du sol pourrait varier considérablement d'un modèle à un autre, ce qui pourrait aussi conduire à une valeur conservatrice de l'accélération du dimensionnement de la structure.

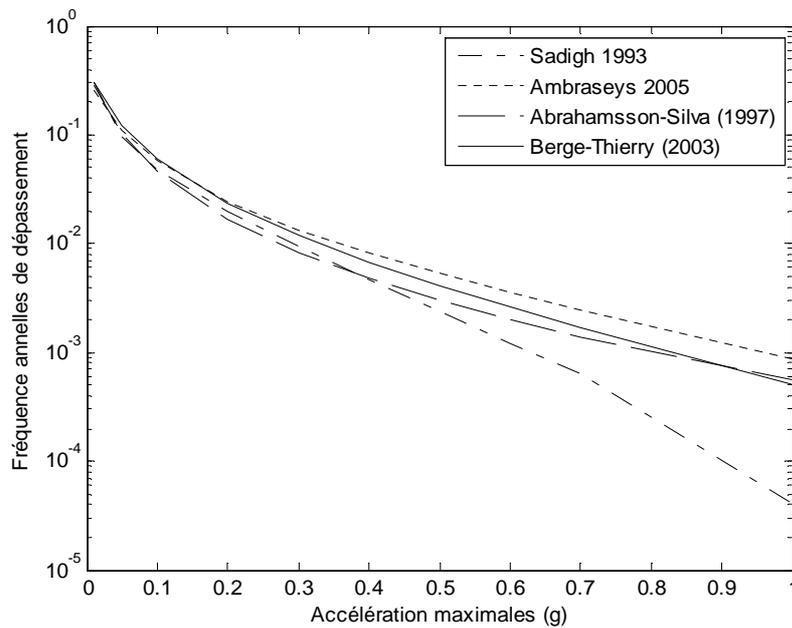


Figure 2. Courbes d'Aléa sismique de la ville d'Alger pour les quatre lois d'Atténuation.

Actuellement les nombreuses études d'aléa sismique de par le monde comprennent systématiquement une étude de sensibilité par rapport à divers paramètres en fonction de l'objectif désiré. La prise en compte de ces incertitudes peut se faire de deux façons:

- La plus courante reste la prise en compte d'écart-types (standard deviation) (σ) autour des valeurs moyennes. Selon le degré de confiance recherché quant aux résultats obtenus, on peut prendre une majoration d'un ou deux écart-types (σ). Selon une distribution normale, dans le premier cas ($m+1\sigma$), la probabilité que la valeur soit inférieure à cette majoration est égale à 84%, dans le second cas, ($m+2\sigma$), la probabilité que la valeur soit inférieure à cette majoration est égale à 97,5%.

- La seconde méthode consiste à utiliser des arbres logiques. Cet outil conceptuel est utile pour la présentation des incertitudes des principaux paramètres du modèle, particulièrement lorsque ceux-ci ne sont pas indépendants.

Pour étudier la dispersion des résultats en fonction du choix de la loi d'atténuation, on fait le calcul tout en intégrant un modèle déterministe du modèle sismotectonique choisie, en utilisant les quatre lois d'atténuation avec des poids égaux comme indiqué dans le tableau 1.

La figure 3 montre clairement la dispersion des résultats autour de la valeur moyenne de l'accélération sismique.

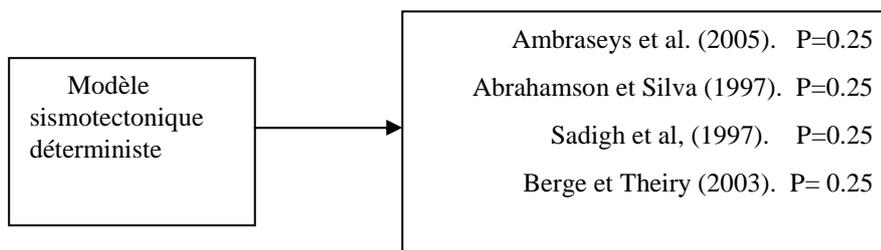


Tableau 1. Lois d'atténuations utilisées dans l'arbre logique.

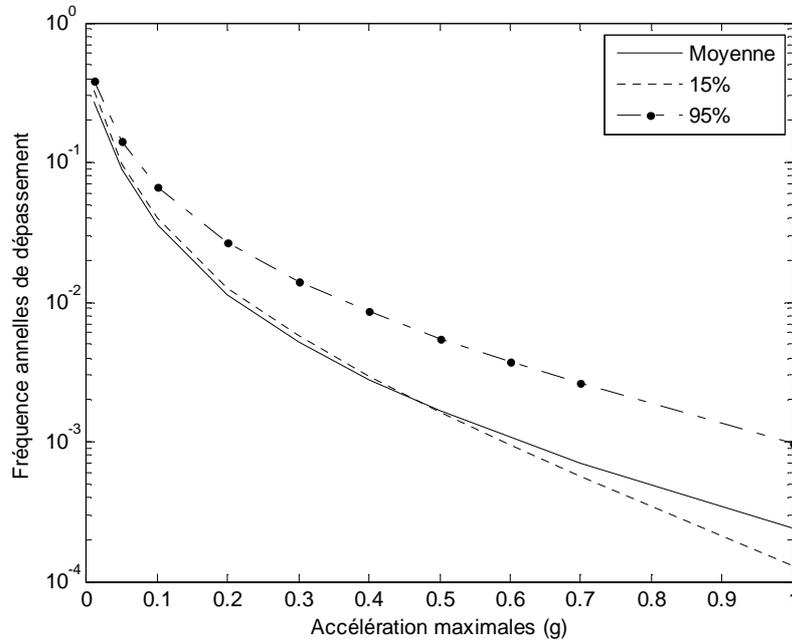


Figure 3. Courbe d'aléa sismique combiné.

5. Développement d'un spectre d'aléa uniforme

Les spectres d'aléa uniforme (terminologie dérivée de l'américain Uniform-Hazard spectra UHS) sont obtenus à partir du traitement des amplitudes spectrales, associées à certaines valeurs de probabilité de non-dépassement et ce, pour plusieurs fréquences. Le taux d'amortissement critique (ξ) est en général pris égal à 5%. Basant sur le modèle sismotectonique décrit ci-dessus et en appliquant la loi d'atténuation d'Ambraseys et al 2005, nous avons développé un spectre à risque uniforme pour les périodes de retour 100 et 500 ans. (Les figures 4, 5, 6).

Spectre à risque uniforme pour la région d'Alger

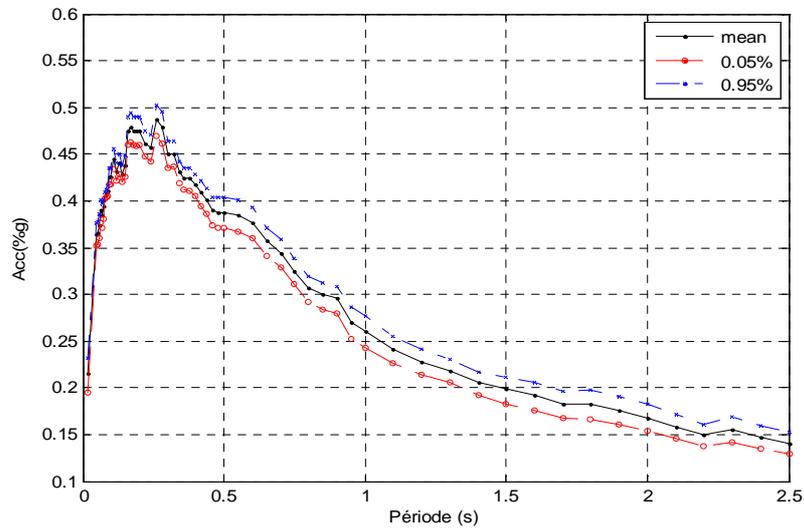


Figure 4. Spectre à risque uniforme (UHS) pour une période de retour de 500 ans pour la Loi d'atténuation d'Ambraseys 2005.

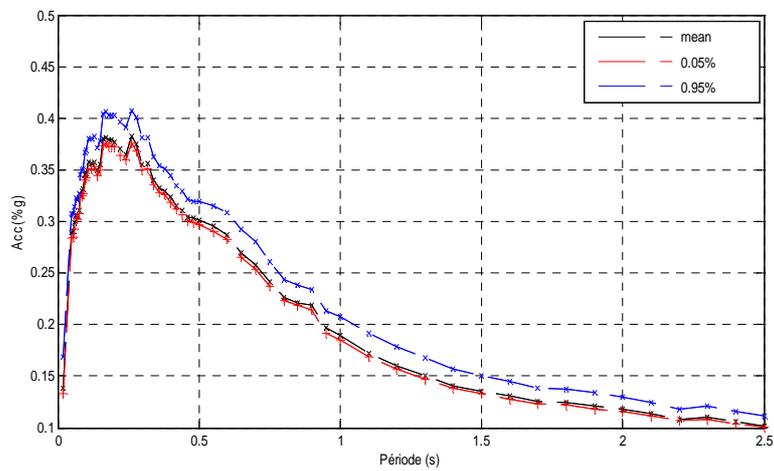


Figure 5. Spectre à risque uniforme (UHS) pour une période de retour de 100 ans pour la Loi d'atténuation d'Ambraseys 2005.

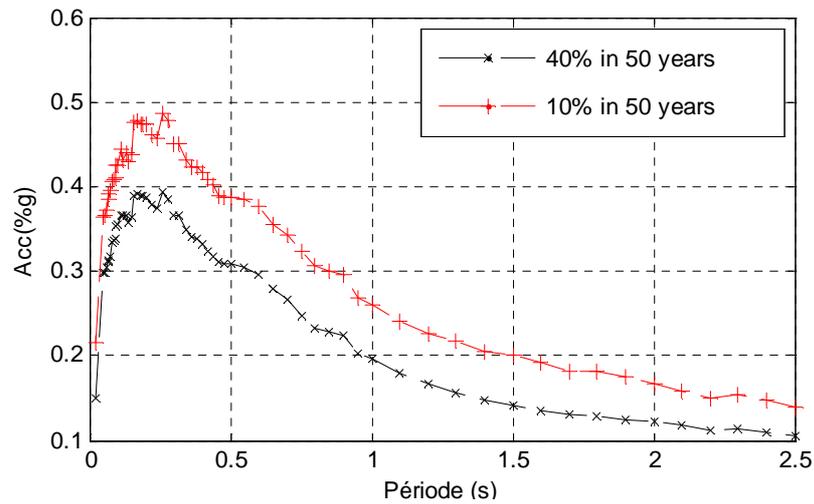


Figure 6. Spectre à risque uniforme (UHS) pour la Loi d'atténuation d'Ambraseys 2005.

6. Conclusion

Les résultats obtenus dans cette étude montrent clairement que le calcul de l'aléa sismique est sensible aux lois d'atténuation d'accélération choisies. La technique de l'arbre logique nous a permis de calculer l'aléa sismique en utilisant plusieurs lois avec des poids correspondants et d'analyser par la suite la dispersion des résultats autour de la valeur moyenne de l'accélération.

On s'est intéressé au développement du spectre à risque uniforme (UHS), outil nécessaire pour tout calcul au séisme des ouvrages tenant en compte les sources sismiques aussi bien du champ proche et du champ lointain, de tels spectres fournissent les accélérations spectrales pour un éventail de période de structures et pour un niveau de risque uniforme (100, 500 ans).

Bibliographie

- Abrahamson N. A. Silva W. J. « Empirical Response spectral attenuation relations for Shallow Crustal Earthquakes » *Seismological Research Letters Volume 68*, Number 1: 94-127
- Ambraseys N. N., J. Douglas, S. K. Sarma and P. M. SMIT « Equations for the Estimation of Strong Ground Motions from Shallow Crustal Earthquakes Using Data from Europe and the Middle East: Horizontal Peak Ground Acceleration and Spectral Acceleration» *Bulletin of Earthquake Engineering* (2005) 3:1-53
- Berge-Thierry, F C., Cotton, O. Scotti, D.A. Griot-Pommer, Y.Fukushima, « New empirical response spectral attenuation laws moderate European earthquakes» *Journal of Earthquake Engineering*, 2003. 7(2): 193-222.
- Bennouar, D., Molas, G.L., and Yamazaki, F., 1998, «Mapping seismic hazard in the Maghreb countries »: *11th European Conference on Earthquake Engineering, Belkema, Rotterdam, ISBN 90 54 10 9823*, 9 P.
- Boudiaf, A., 1996, « Etude sismotectonique de la région d'Alger et de la Kabylie (Algérie) » *Phd Dissertation, Université Montpellier II*, 274 p.
- Bouhaded, Y., and Laouami, N., 2002, « Earthquake hazard assessment in the Oran region (Northwest Algeria) » *Natural Hazards*, v. 26, p. 227-243.
- Cornell CA. « Engineering seismic risk analysis» *Bull Seism Soc Am* 1968;58:1583-606.
- Douglas J. « Earthquake ground motion estimation using strong-motion records: a review of equations for the estimation of peak ground acceleration and spectral ordinates». *Earth Sci Rev* 2003;61:43-104.
- Domzig A., « Déformation active et récente, et structuration tectonosédimentaire de la marge sous-marine algérienne. » *Thèse de Doctorat, université de Bretagne occidentale*, 332p.
- Geomatrix Consultants, Inc. and Centre National De Recherche Appliquée en Génie parasismique (CGS), 1998, « Probabilistic hazard assessment of the the Algiers region: » UNCH project No. ALG/92/003, *Technical Rapport submitted to united Nation centre for Human Settlements*, Nairobi, Kenya, 53 pp., plus Tables, figures and plates.
- Meghraoui, M., and Doumaz, A., and Philip, H., 1986, « Seismotectonics of the lower Cheliff basin: structural background of the El Asnam (Algeria) earthquake: *Tectonics* , v. 5, no. 6, p. 809-836, October.
- Meghraoui, M., 1992a, « Active folds and their seismotectonic implication the Tellian Mountains of Algeria. *Quaternary Research Association*, Cambridge, p. 36.
- Meghraoui, M., 1992b, Paleoseismicity of active thrust faults- The El Asnam (Algeria) case study. Neotectonics – *Recent Advances: Abstract volume, Quaternary Research Association*, Cambridge, p. 37.
- Sadigh, R.K., Chang, C. -Y. Egan, J. A. ., Makdisi, F., Youngs, R. R. 1997. «Attenuation relationships for shallow crustal earthquakes based on California strong motion data. *Seismological research Letters*, 68(1), 180-189.

Swan, F .H. 1988, « Temporal clustering of paleoseismic events on the Oued Fodda fault, *Algeria Geology*, v. 16, p. 1092-1095.

Yieldings, R. R., and Jackson, J. A., King, G.C.P., Sinvhal, H., Vita-Finzi, C., and Wood, R.M., 1981, « Relation between surface deformation, fault geometry, seismicity, and rupture characteristics during the El Asnam (Algeria) earthquake of 10 October 1980 »: *Earth and Planetary Science Letters*, v. 26, p. 283-304.