

# Les Effets de Site : Compréhension, Modélisation et Prévention

Fiche de synthèse et de vulgarisation réalisée dans le cadre du programme de recherche Sismovalp (Interreg 3B Espace Alpin).  
Marion Bard et Fabrice Cotton (\*)

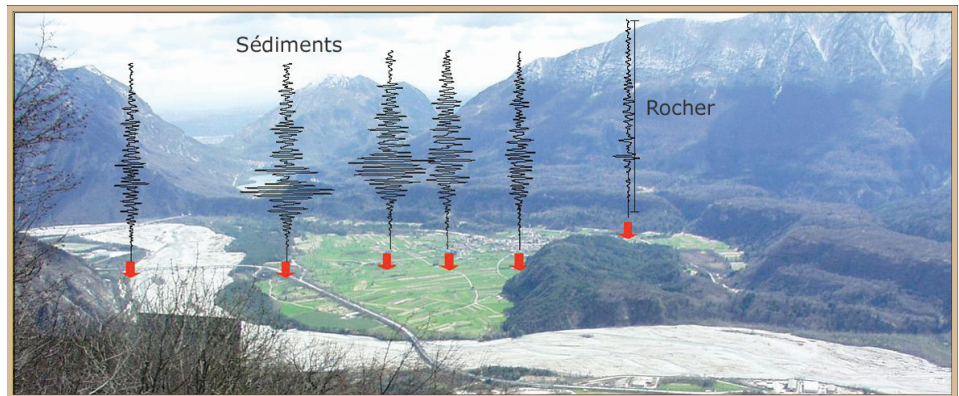
**S**éisme de magnitude 7, vous êtes à plus de 400km de l'épicentre et pourtant tout tremble autour de vous... les vibrations durent... cela vous semble interminable ! Pas de doute, vous avez été victime de l'effet de site. Alors, comment ça marche ? Comment expliquer des dégâts si lointains ? Et surtout que faire pour les éviter ? Voici quelques éléments essentiels pour comprendre ce qu'est l'effet de site.

## L'effet de site, qu'est-ce que c'est ?

Lors d'un tremblement de terre, des ondes sont émises dans le sous-sol et se réfléchissent aux différentes interfaces, (lorsqu'elles rencontrent une couche de roche différente). Si des roches sédimentaires meubles surplombent une roche rigide, les ondes sont piégées dans les niveaux supérieurs. En effet, les contrastes de vitesse des ondes et de densité entre ces deux niveaux sont tels que l'énergie ne passe que dans un sens, du rigide vers le mou. Ce piégeage est à l'origine d'amplifications des ondes et d'un prolongement des vibrations dans le bassin sédimentaire. Ces effets sont maxima à certaines fréquences qui dépendent de la vitesse des ondes dans les sédiments meubles et de leur épaisseur. En fait, le sol se comporte comme une grosse caisse de résonance, du coup les mouvements sont amplifiés à certaines fréquences (fréquence de résonance du sol) et durent plus longtemps. C'est ce qu'on désigne par effet de site. Cet effet dépend donc de la nature des sols, de leur organisation et de la fréquence des ondes.

Plus exactement, on parle des effets de site car plusieurs processus entrent en jeu dans l'amplification des ondes. On distingue les effets 1 dimension, 2 dimensions et 3 dimensions. Les premiers sont liés à la superposition des couches sédimentaires qui piègent horizontalement les ondes. Les effets 2 dimensions sont issus de la réverbération des ondes sur les bords de la vallée (piégeage latéral). Les effets 3 dimensions interviennent lorsque la forme de la vallée a une configuration particulière c'est-à-dire différente d'un « couloir » en U ou V. Typiquement, la vallée grenobloise et son célèbre Y sont sujets aux effets 3 dimensions.

La combinaison complexe de ces effets aboutit à une amplification qui varie au sein même du bassin sédimentaire : elle est plus forte au centre que sur les bords.



Effet de site dans la vallée de Tagliamento (Italie) : l'amplitude et la durée des sismogrammes sont plus élevés dans les sédiments que sur le rocher.

Mais sous le terme d'effets de site se cachent aussi les effets dus à la topographie environnante et au comportement non linéaire du sous-sol soumis à un mouvement fort. Au niveau des sommets, les ondes sont focalisées ; il y a plus sur une même surface » ce qui a tendance à augmenter les mouvements, tandis que dans les vallées, « on a moins d'ondes » et donc pas d'amplification causée par ce processus. Le comportement non-linéaire des sols désigne leur «fatigue» face à un effort important : les ondes ne peuvent pas se propager à grande vitesse et perdent de leur énergie. Les mouvements sont alors moins importants et viendraient contrebalancer un peu les effets de la structure géologique du sol (1-2-3D). Cependant cet effet dépend aussi de la fréquence et a tendance à décaler la fréquence de résonance des sols ce qui peut poser des problèmes sur les constructions.

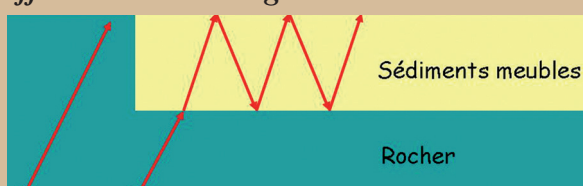
## Concrètement qu'est-ce qu'on risque ?

Le 19 septembre 1985, un séisme de magnitude 8.1 s'est produit au Michoacán, au niveau de la zone de subduction du Mexique. Les dégâts sont très inégalement répartis et

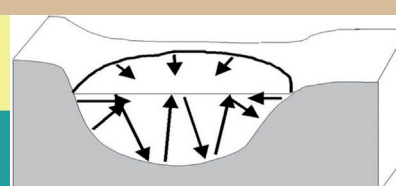
ne correspondent pas forcément à la zone épiscopentrale. En particulier, Mexico, située à environ 400km de l'épicentre, a connu d'importants dommages et des milliers de morts. Plus surprenant, on a retrouvé des bâtiments intacts côtoyant des immeubles entièrement détruits. Les effets de site ont eu ici des conséquences très ciblées sur les constructions. Comment expliquer cette répartition des dégâts ?

En fait, comme expliqué dans le paragraphe précédent l'amplification des vibrations est maximale à des fréquences particulières (fréquence de résonance du sol). Or chaque bâtiment, de part la nature de ses matériaux, sa structure, son nombre d'étages possède lui aussi une fréquence propre, fréquence pour laquelle il vibre de façon privilégiée, encore appelée fréquence de résonance du bâtiment. Si le sol se met à vibrer à cette fréquence, le bâtiment entre en résonance : il va osciller de plus en plus fort comme une balançoire poussée à chaque passage, et risque de s'effondrer. La fréquence de résonance d'un bâtiment est, au premier ordre, le nombre d'étages divisé par 10 : les immeubles élevés ou souples oscillent lentement (basses fréquences) alors que les maisons

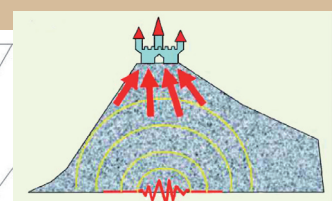
## Les effets de sites en image



Piégeage des ondes par effet 1D



Effet 2D : réflexions sur les bords de la vallée



Effet topographique : les ondes sont focalisées au sommet

