

8. Simulation des effets sismiques : application au séisme de 1428 dans les Pyrénées-Orientales

Marta González*, Justina Chávez**, Teresa Susagna***, Xavier Goulà**** et Antoni Roca*****

Introduction

Lors d'un tremblement de terre il est important pour l'organisation des secours de pouvoir disposer d'une estimation rapide des possibles conséquences sur les personnes, les services et les bâtiments. La méthodologie présentée ici constitue un outil simple basé sur la connaissance rapide de la position et de la magnitude du séisme et sur les données de base concernant le parc de bâtiments et le recensement de la population.

Données de base

Les premières informations disponibles après un tremblement de terre sont obtenues actuellement par sa localisation rapide (automatique ou semi-automatique) à partir des réseaux sismiques. Elles correspondent à l'hypocentre (latitude, longitude et profondeur) et à la magnitude. En Catalogne, cette information est distribuée par l'ICC. On dispose également en Catalogne des données relatives à chacune des municipalités, neuf cent environ, telles que le recensement de la population, la surface de la municipalité, des informations concernant le parc de bâtiments à usage de logement principalement. Ces données peuvent servir à la réalisation des estimations des conséquences d'un séisme.

Méthodologie

La méthodologie développée et appliquée en Catalogne comprend trois étapes principales :

Magnitude	Intensité
$M < 3,0$	II – III
$3,0 \leq M \leq 3,2$	III
$3,3 \leq M \leq 3,4$	III – IV
$3,5 \leq M \leq 3,7$	IV
$3,8 \leq M \leq 3,9$	IV – V
$4,0 \leq M \leq 4,2$	V
$4,3 \leq M \leq 4,5$	V – VI
$4,6 \leq M \leq 4,7$	VI
$4,8 \leq M \leq 5,0$	VI – VII
$5,1 \leq M \leq 5,3$	VII
$5,4 \leq M \leq 5,5$	VII – VIII
$5,6 \leq M \leq 5,8$	VIII
$5,9 \leq M \leq 6,0$	VIII – IX
$6,1 \leq M$	IX

[fig. 1] Relation entre la magnitude et l'intensité épicentrale pour une profondeur moyenne.

- estimation de l'intensité épicentrale ;
- détermination de l'intensité pour chacune des municipalités ;
- évaluation des possibles dégâts ou dommages aux bâtiments et personnes et évaluation des pertes économiques.

Estimation de l'intensité épicentrale

Il est nécessaire d'adopter une relation entre la magnitude et la profondeur du séisme déterminée à partir des informations instrumentales avec l'intensité macrosismique. Pour ce faire, on a dépouillé les données correspondant aux

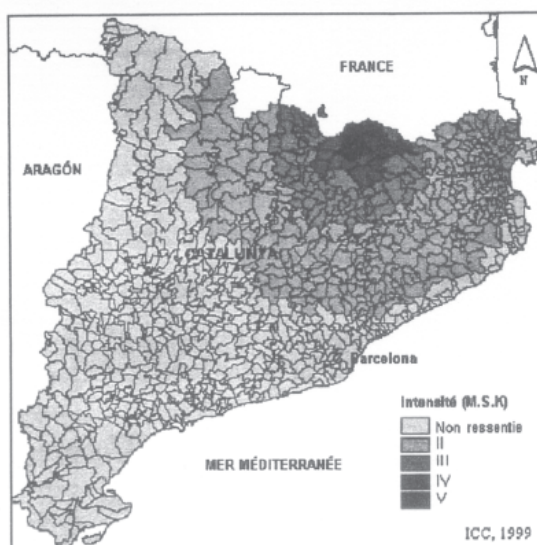
*géologue, Observatori Fabra, Rambla dels Estudis, 115, 08002-Barcelone, Espagne – **ingénieur civil, Observatori Fabra et Institut Cartogràfic de Catalunya, Parc de Montjic, s/n, 08038-Barcelone, Espagne et Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana
***sismologue, Observatori Fabra et Universidad Autónoma de Santo Domingo, República Dominicana
****sismologue, Institut Cartogràfic de Catalunya – ***** sismologue, Institut Cartogràfic de Catalunya

séismes enregistrés et perçus par la population les dernières années et on a obtenu une relation qui est présentée dans la figure 1, pour une profondeur moyenne. La relation a été obtenue principalement pour des séismes de faible magnitude et intensité, étant donnée que la sismicité enregistrée ces dernières années a été modérée. Il a fallu extrapoler la relation à des plus fortes valeurs de magnitude et intensité.

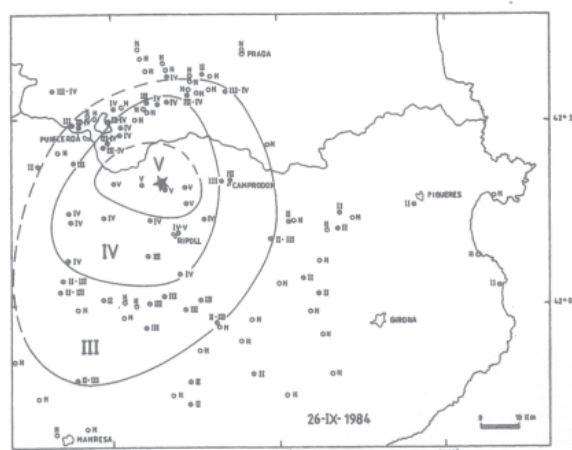
Estimation des intensités pour chaque municipalité

Il est nécessaire par la suite d'établir une expression de la diminution de l'intensité macrosismique en fonction de la distance. Les données d'intensité ponctuelles obtenues à partir des enquêtes macrosismiques ou à partir des études des documents historiques ont été utilisées pour ajuster une expression mathématique qui modélise la diminution d'intensité d'une manière isotropique (isoséistes circulaires), avec des coefficients adaptés à la zone (modèle type Sponheuer, 1960). La profondeur du foyer sismique reste la seule variable qui contrôle la diminution de l'intensité, puisque l'atténuation anélastique peut être considérée négligeable. Les intensités pour chaque municipalité sont alors déduites à partir de l'intensité épiscopentrale et de la distance entre l'épicentre et la localité.

Sur la figure 2a, on montre un exemple des intensités simulées pour le séisme du 26 septembre 1984 dans les Pyrénées-Orientales de magnitude 4,4. On compare ces calculs aux valeurs des intensités réellement ressenties, résultat des enquêtes macrosismiques réalisées dans la population après le séisme (fig. 2b). Cette simulation permet de donner une esti-



[fig. 2a] Intensités vraisemblablement ressenties pour l'ensemble des localités du tremblement de terre de 1984.



[fig. 2b] Carte d'isoséistes du séisme du 26-IX-1984.

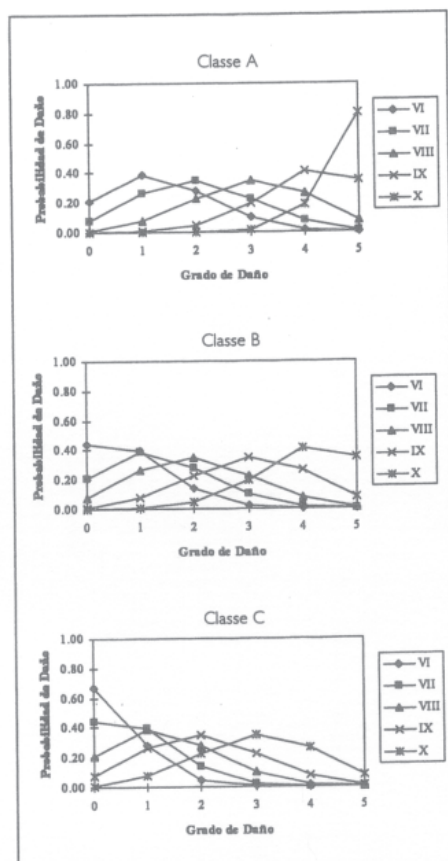
mation rapide des localités touchées par le séisme, avec la répartition du nombre d'habitants et des surfaces affectées à chaque degré d'intensité (fig. 3).

Scénario d'endommagements

Au cas où l'intensité épiscopentrale atteint un degré V, il existe la possibilité de se produire des dégâts. Dans ces cas, donc, on procède au

Intensité (MSK)	Nombre de municipalités	Nombre de personnes	Surface (km ²)
Non ressenti	551	5135632	19454
II	298	775828	9852
III	76	140392	2325
IV	14	24622	698
V	5	2879	199
VI	0	0	0
VII	0	0	0
VIII	0	0	0
IX	0	0	0

[fig. 3] Informations obtenues pour chaque niveau d'intensité (séisme du 26 de septembre du 1984).



[fig. 4] Matrices de probabilité d'endommagement correspondant aux classes de vulnérabilité A, B et C de l'échelle EMS-92 (Chávez, 1998).

calcul des dommages susceptibles de se produire aux bâtiments, aux personnes ainsi que les pertes économiques associées aux dommages. Pour faire ce calcul on utilise les matrices de probabilité d'endommagement associées à l'échelle macrosismique EMS 92, qui ont été développées par Chávez (1998) à partir de l'observation détaillée des dommages lors du séisme d'Irpinia en 1980 au sud de l'Italie, réalisés par le Gruppo Nazionale di Difesa dei Terremoti. Pour faire cette estimation on utilise les degrés 0 à 5 de l'échelle EMS 92, ainsi que la classification en classes de vulnérabilité A, B, C et D, définies en EMS 92, de l'ensemble du parc de bâtiments, établie à partir de leur année de construction et du nombre d'étages. Un exemple de ces matrices est donné sur la figure 4.

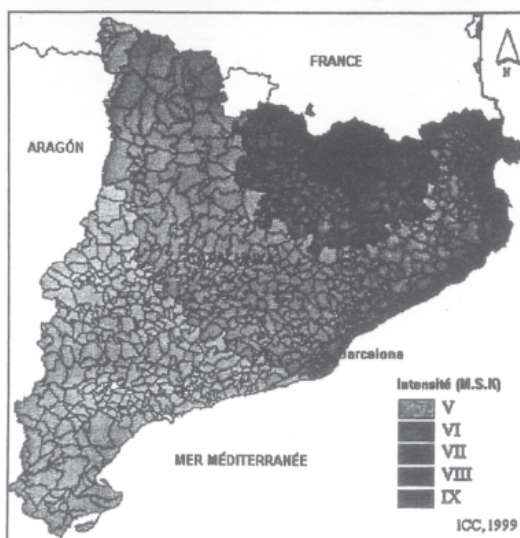
En utilisant des relations empiriques obtenues lors de tremblements de terre destructeurs (Coburn, Spence, 1992), il est ainsi possible d'estimer le nombre de bâtiments qui deviennent inhabitables et le nombre de personnes qui ont besoin d'être relogées. Finalement il est aussi possible de faire une estimation des pertes économiques dues aux dommages directs aux bâtiments. Les pertes peuvent être exprimées en pourcentage du produit intérieur brut (PIB). Tous les résultats peuvent se représenter au moyen d'un système d'information géographique (SIG).

Scénario d'un séisme analogue au séisme destructeur de 1428 dans les Pyrénées- Orientales

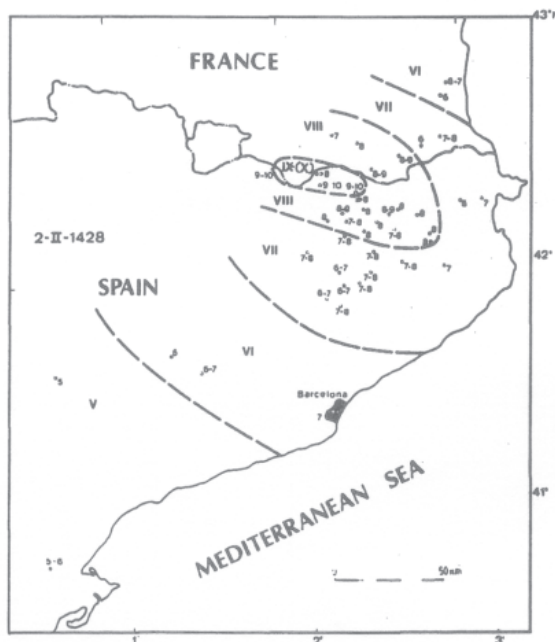
Le tremblement de terre survenu dans la région du Ripollès (Gérone), près de la frontière franco-espagnole en 1428, constitue un des séismes les plus destructeurs connus historiquement en Catalogne. Ce séisme a détruit des villages entiers, des églises, des châteaux et produit la mort de quelques huit cent personnes (Banda, Correig, 1984). Il est intéressant de connaître les effets qu'un tel séisme pourrait produire actuellement dans la région catalane.

À partir de la carte des intensités ressenties lors de ce séisme il a été possible d'ajuster une expression mathématique représentative de la diminution de l'intensité en fonction de la distance et de calculer des intensités pour l'ensemble du territoire (Banda, Correig, 1984). Sur la figure 5a et 5b sont respectivement représentées les intensités ressenties et celles vraisemblablement ressenties pour l'ensemble des localités, en supposant une diffusion isotropique à partir de la source sismique. L'ensemble des municipalités de la Catalogne serait atteint par des niveaux d'intensité supérieures ou égales à V.

Utilisant la méthodologie décrite plus haut, on a réalisé une estimation des différents degrés de dommages que pourrait subir l'ensemble des bâtiments des différentes localités, ainsi que le nombre de personnes qui auraient différents degrés de dommages corporels. Finalement ces estimations ont été groupées pour l'ensemble de la Catalogne.



[fig. 5a] Intensités vraisemblablement ressenties pour l'ensemble des localités.



[fig. 5b] Carte d'isoseistes du tremblement de terre des Pyrénées-Orientales de 1428 (d'après Banda, Correig, 1984).

Dans la figure 6 sont présentés les résultats obtenus concernant le nombre total de bâtiments qui deviendraient inhabitables, soit plus de vingt mille, le nombre de personnes qui

devraient être rélogées, soit plus de cent mille, et les pertes économiques totales, soit cinq milliards d'Euros, qui équivalent à huit pour cent du PIB annuel de la Catalogne. Ces chiffres sont, bien entendu, approximatifs et ils doivent être considérés seulement comme un ordre de grandeur, pour aider à l'organisation des secours en cas de tremblement de terre.

Bâtiments inhabitables	23.570
Personnes sans toit	136.901
Pertes (MEuros)	5.000
Pertes (% PIB Catalogne)	8 %
Surface construite totalement détruite (m ²)	207.712

[fig. 6] Scénario de dégâts en Catalogne pour un séisme analogue à celui des Pyrénées-Orientales de 1428.

