

## Synthèse

# L'ALEA SISMIQUE ET L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE DES PROVINCES DU NORD DU MAROC

EL ALAMI Sidi Otman, TADILI Ben Aïssa, CHERKAOUI Taj-Eddine, RAMDANI Mohammed  
Institut Scientifique, Département de Physique du Globe, BP 703 Rabat.

## Introduction

Prévoir les séismes afin de prendre des précautions susceptibles de sauver des vies humaines est l'un des objectifs prioritaires de la recherche en sciences de la terre.

Malheureusement à plusieurs reprises, des méthodes de prévision présentées comme infaillibles ont été aussitôt désavouées ; citons comme exemple celui de la Chine, où si on a pu prévoir le séisme de Haicheng en 1975, le séisme de l'année suivante n'a pu être prédit provoquant la mort de plus de 300.000 personnes (chiffre officiel) dans la ville de Tangcheng.

Faute de pouvoir, actuellement, prévoir les séismes d'une manière satisfaisante, le moyen le plus efficace pour l'atténuation et la réduction des effets de ce fléau est la prévention. Celle-ci demande la reconnaissance des zones sismiques, l'évaluation de l'aléa sismique, l'établissement de plan d'aménagement du territoire et l'application rigoureuse des règles de construction parasismique.

## 1 Les mécanismes et la nature des tremblements de terre

Si nous acceptons d'élargir le concept de la vie, à tout système en évolution spatio-temporelle, basée sur des échanges avec l'extérieur, alors nous pouvons concevoir la terre dans son ensemble, comme étant un système vivant.

Au fil des temps géologiques, les contraintes, auxquelles la terre est soumise donnant naissance aux montagnes, poussent et tirent continuellement sur les roches, sans cesse, les compriment et les mettent en morceaux. Sous l'action de ces forces, les roches se plient ou s'étirent progressivement jusqu'à ce qu'elles ne puissent plus résister, alors elles se brisent, donnant naissance à des zones de faiblesse (failles), ou changent brusquement de position. Ce déplacement avec frottement, où 70 % à 80 % d'énergie est dissipée sous forme de chaleur, crée des vibrations qui font trembler la terre lorsqu'elles atteignent la surface, l'énergie associée à ce déplacement à la source est exprimée par la magnitude du séisme, les dégâts provoqués en surface représentent l'intensité du séisme, celle-ci diffère d'une zone à l'autre, et varie selon l'importance des dégâts de I à XII.

Là où la terre a tremblé elle tremblera, c'est une règle élémentaire en sismologie, les tremblements de terre se produisent le long des frontières des plaques, et de manière générale le long des failles, qui constituent des zones de faiblesse dans la croûte, hélas un bon nombre de ces failles ne sont pas visibles en surface. C'est ce qui s'est produit au Japon où le 17 janvier 1995 un violent tremblement de terre, d'une magnitude 7.2 sur l'échelle de Richter, a ravagé la ville de Kobe, l'hypocentre est situé sur une faille, à 20 km en profondeur, non identifiée en surface. Ce séisme a surpris tout le monde, les dégâts matériels directs ou indirects sont estimés à plus de 34 Milliards de \$ U.S.

La répartition géographique des tremblements de terre sur le globe montre que les épicentres des séismes se localisent en quelques zones bien définies. La principale zone sismique du monde entoure l'océan Pacifique, c'est dans cette région que se produisent presque tous les séismes de forte magnitude.

La deuxième grande zone sismique comprend l'ensemble des plissements tertiaires allant d'un bout à l'autre du bassin méditerranéen et se prolonge jusqu'en Indonésie.

La dernière zone sismique d'importance est constituée par une chaîne sous-marine de 60000 km environ entièrement volcanique, elle s'étend de l'Islande à l'Atlantique sud en passant légèrement à l'ouest des Açores et se poursuit dans l'océan Indien.

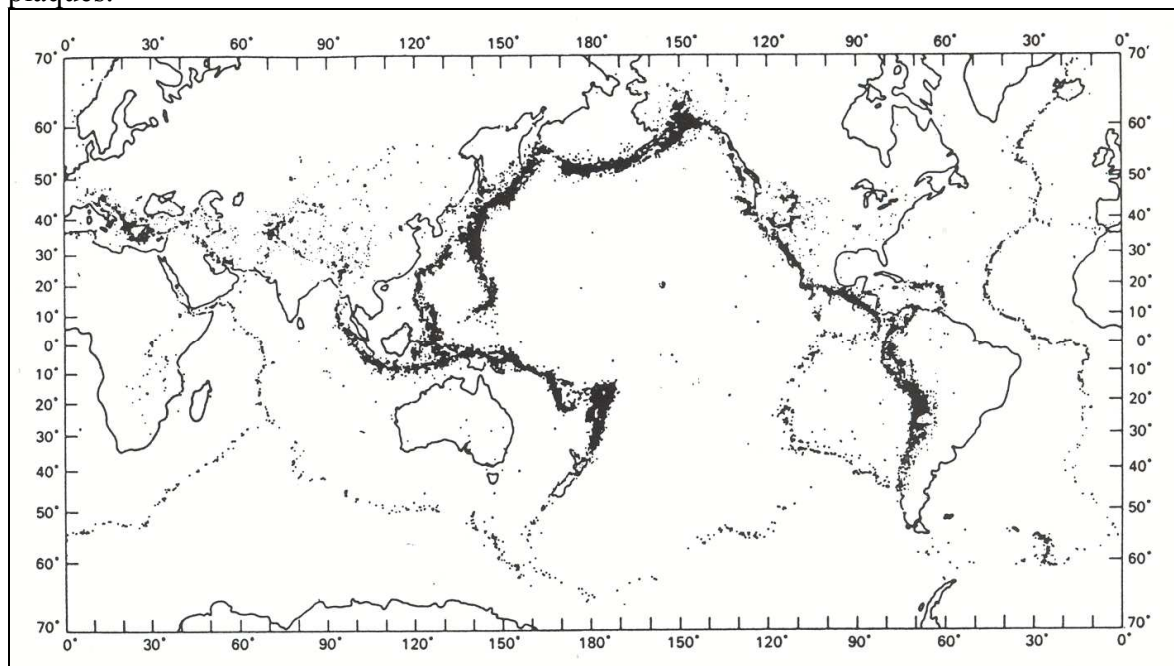
## 2 Les grands tremblements de terre ayant affecté le maroc

La compilation des différents documents relatifs à la sismicité historique du Maroc montre que celui-ci n'a pas été épargné par ce fléau (Galbis 1932, 1940 ; Roux 1934 ; Mezcuca et Martinez Solares 1983 ; Elmrabet 1991 ; Cherkaoui et Asebriy, 1995).

Dans ce travail, on va se limiter aux séismes ayant affecté la partie nord du Maroc. Le premier grand tremblement de terre cité par les chroniqueurs remonte au IX<sup>ème</sup> siècle, il a été violemment ressenti entre Tanger et Tlemcen.

En 437 h (1045-1046), un violent tremblement de terre provoqua la mort de plusieurs personnes et des dégâts importants à Fès. En 1522, celle-ci est presque entièrement détruite à la suite d'une violente secousse sismique, des dégâts ont été observés sur 160 km à la ronde. Les localités de Tétouan et de Baddis ont également été touchées.

Figure 1. Sismicité mondiale de 1961 à 1967, la plupart des séismes sont aux limites des plaques.



Source : Barazangi et Dorman (1969).

En 1624, la ville de Fès a été violemment secouée par un important tremblement de terre, plusieurs milliers de personnes ont trouvé la mort et les dégâts sont inestimables. Plusieurs autres localités ont été touchées par ce séisme dont Meknès et Baddis. La secousse a également été ressentie à Sefrou, à Taza et à Béni Ouaryahgel.

Le tremblement de terre de 1755 est considéré comme l'un des plus importants de toute l'histoire de l'humanité. D'origine océanique (région du banc de Gorringer), il a été ressenti sur une grande partie de l'Afrique du Nord et presque dans toute l'Europe occidentale. Les dégâts au Maroc ont été considérables : plusieurs milliers de morts et la destruction partielle de nombreuses localités dont Meknès et Fès. Toutes les localités de la côte atlantique de Tanger à Agadir ont été sévèrement touchées par les effets conjugués du séisme et du tsunami (raz de marée) (El Alami et Tinti 1991).

Plus récemment, le 28 février 1969, un séisme originaire de la même zone que le précédent a été largement ressenti au Maroc, il a provoqué la mort de six personnes à Salé et à Safi et a causé quelques dégâts matériels.

Le 26 mai 1994, la province d'Al Hoceima est secouée par un violent tremblement de terre, de magnitude 5.6, il a provoqué la mort de deux personnes et la destruction de plusieurs maisons dans plusieurs localités au sud-ouest de la ville d'Al Hoceima (El Alami et *al.* sous presse).

Photo 1. Maison située à l'entrée du douar Tafensa, destruction presque totale (Séisme d'Al Hoceima du 26 mai 1994).



Source : Photo El Alami



Photo 2. Destruction totale du marabout Si Haj Ahmed à Tafensa (Séisme d'Al Hoceima du 26 mai 1994).



Source : Photo El Alami

### 3 Cadre géodynamique et sismotectonique du nord du Maroc

L'activité sismique de la Méditerranée occidentale est la conséquence de la collision entre le bloc d'Alboran et les deux plaques Afrique-Eurasie (Andrieux et *al.* 1971). Ces dernières convergent depuis quelques dizaines de millions d'années selon une direction NNW-SSE, avec une vitesse faible de l'ordre de 0.5 cm/an au niveau du détroit de Gibraltar.

Ce rapprochement, bien qu'assez lent, est en partie accommodé à travers une activité sismique modérée (Udias et *al.* 1976, Ben Sari 1978, Hatzfeld 1978, Frogneux 1980, Cherkaoui 1991, Ramdani 1991 et Hatzfeld et *al.* 1993) qui s'étend le long de la zone de fracture Açores- Gibraltar et marque la limite entre les deux plaques Afrique-Eurasie par des séismes de magnitude souvent supérieure à 6 (Hatzfeld 1978, Cherkaoui 1991) (Figure 2).

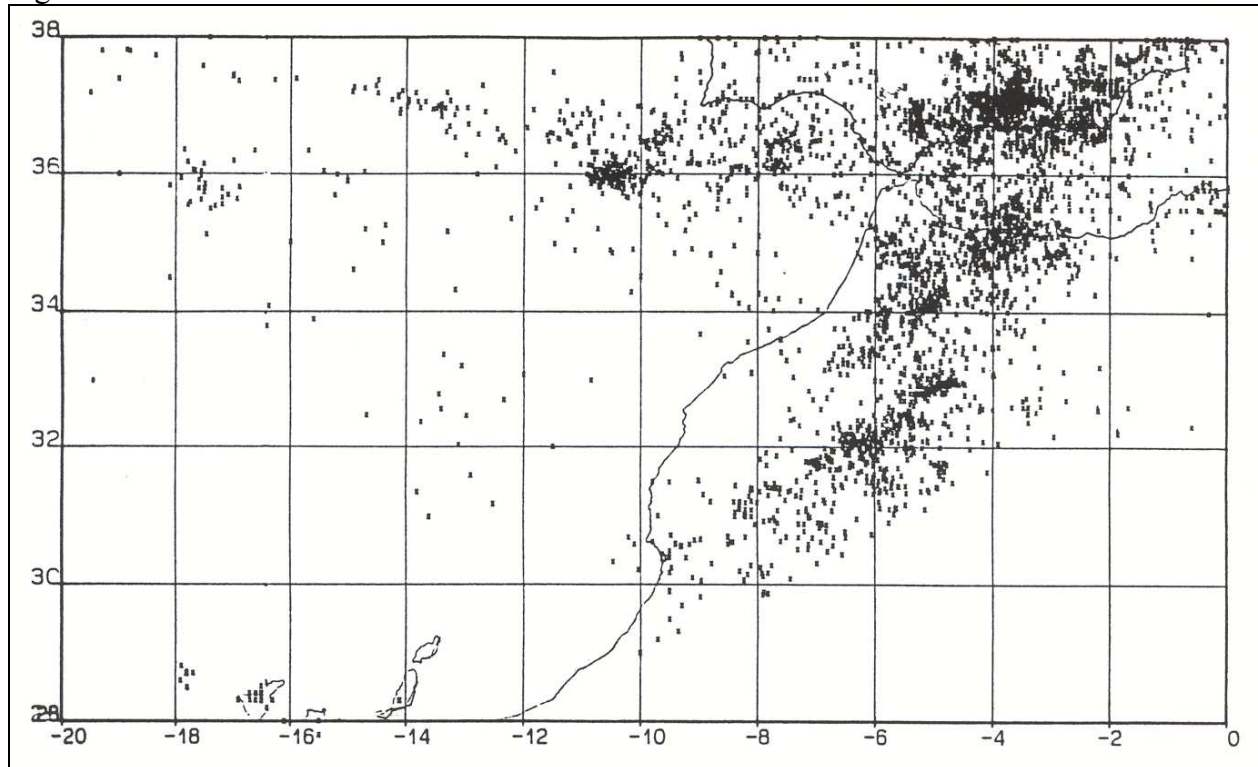
A l'est du détroit de Gibraltar, la sismicité devient diffuse avec une concentration des épicentres dans le sud-est de l'Espagne et dans la région d'Al Hoceima.

L'étude de la sismicité globale du Maroc et celle de la région ibéro-maghrébine, dans le cadre général de la tectonique des plaques, a été entreprise par plusieurs chercheurs marocains et étrangers, montrant les zones d'activité sismique importante. Dans le Rif et l'Atlas, des études de micro-sismicité ont été réalisées pour mieux préciser la sismicité de la région étudiée, la profondeur des épicentres et la relation de ces événements sismiques avec la structure géologique et la nature des mécanismes focaux qui en résultent.

Le Maroc comporte deux zones sismiquement actives : le Rif et la chaîne atlasique, et deux zones d'une activité sismique faible à négligeable : les Meseta (occidentale et maroccoranaise) et l'Anti-Atlas et ses confins sahariens.

Les séismes de la mer d'Alboran peuvent causer des dégâts importants aux localités de la côte méditerranéenne, mais leurs effets sont très limités vers l'intérieur du pays. Alors que les séismes d'origine atlantique, de magnitude élevée, présentent un danger permanent pour les villes de la côte ouest marocaine et même pour l'intérieur du pays.

Figure 2. Carte de sismicité du Nord du Maroc 1901-1986.



Source : Cherkaoui 1991.

#### 4 Distribution géographique de l'activité sismique dans le nord du Maroc

L'examen de la carte de sismicité montre que la majorité des épicentres se localisent dans le Rif et dans la mer d'Alboran (Figure 2).

D'après cette carte, nous pouvons distinguer, en gros, les zones sismiques suivantes :

le sud-ouest du cap St Vincent ;

le golfe de Cadix ;

l'ovale bético-rifain (le sud-est de l'Espagne, la mer d'Alboran et le Rif) ;

le domaine atlasique.

##### Le sud-ouest du cap St Vincent

Il est le siège d'une activité sismique importante. Les séismes de 1755 ( $M = 9?$ ) et de 1969 ( $M = 7.3$ ) sont originaires de cette zone.

##### Le golfe de Cadix

D'une activité sismique moins importante que la zone précédente, mais peut engendrer des séismes de magnitude supérieure à 6 sur l'échelle de Richter (séisme de 1964 :  $M = 6.2$ ).

##### L'ovale bético-rifain

Il est le siège d'une activité sismique importante. La plus forte concentration d'épicentres est localisée dans le sud-est de l'Espagne. La deuxième concentration est celle d'Al Hoceima, elle s'étend entre la baie d'Al Hoceima au Nord et Dhar Souk au Sud (Frogneux 1980 ; Cherkaoui 1991). C'est dans cette région qu'a lieu le séisme du 26 mai 1994 (en mer).

Entre les domaines rifain et atlasique, le rejeu d'anciennes failles normales, qui affectent le causse moyen-atlasique, entraîne une activité sismique moyenne (région comprise entre Fès, Meknès et My Driss Zerhoun).

## 5 L'aléa sismique dans le nord du Maroc

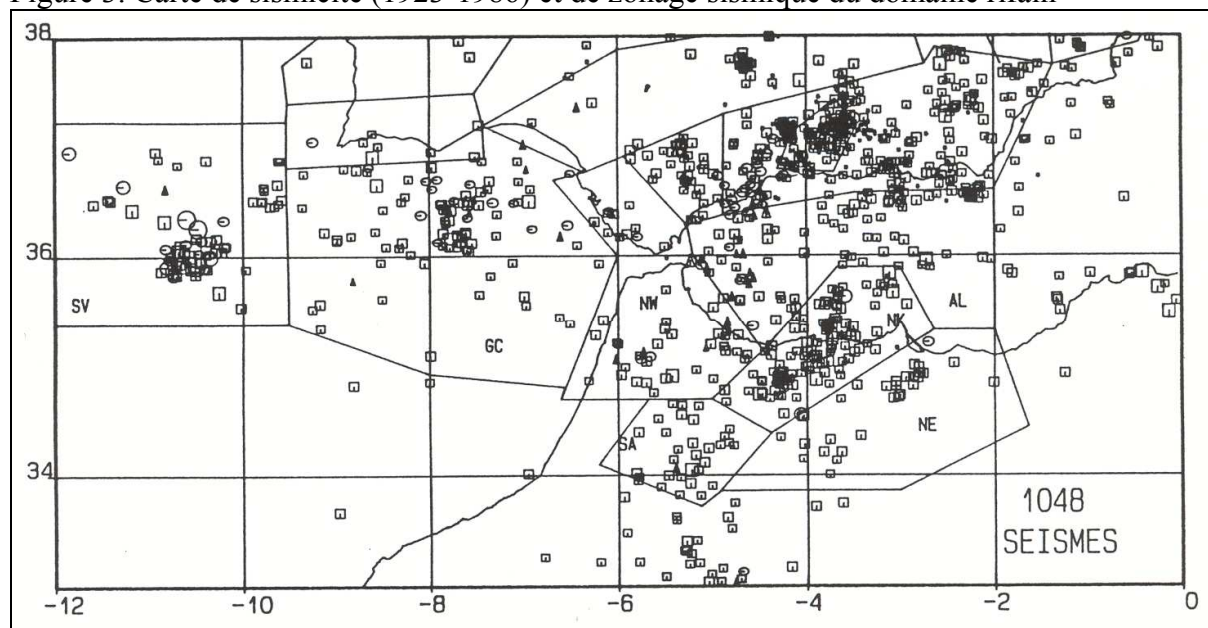
On définit l'aléa sismique, en un site donné et pour une période donnée, par la probabilité de dépassement de différentes valeurs d'intensité macrosismique ou autre paramètre du mouvement du sol (accélération, vitesse, déplacement...).

Des études d'évaluation de l'aléa sismique récemment effectuées sur le Maroc ont montré que les plus fortes valeurs, pour le Nord du Maroc, exprimées en intensité centennale (valeurs susceptibles d'être dépassées une fois tous les cents ans), valeurs comprises entre VI et VII MSK, sont localisées dans le Rif occidental, vu sa proximité des séismes océaniques, et dans le Rif central dans la région d'Al Hoceima (Cherkaoui 1991).

Les valeurs d'intensité centennale peuvent être converties en valeurs d'accélération du sol en utilisant des relations empiriques.

Dans une autre étude, où les valeurs de l'aléa sismique sont exprimées en valeurs d'accélération du sol (qui est un des paramètres qui intéresse les ingénieurs en génie civil) correspondant à une probabilité de 90% de ne pas être dépassée pour une période de 100 ans ; les plus fortes valeurs sont de 26% g pour la région d'Al Hoceima et de 22% g au niveau de Tanger (Tadili 1991).

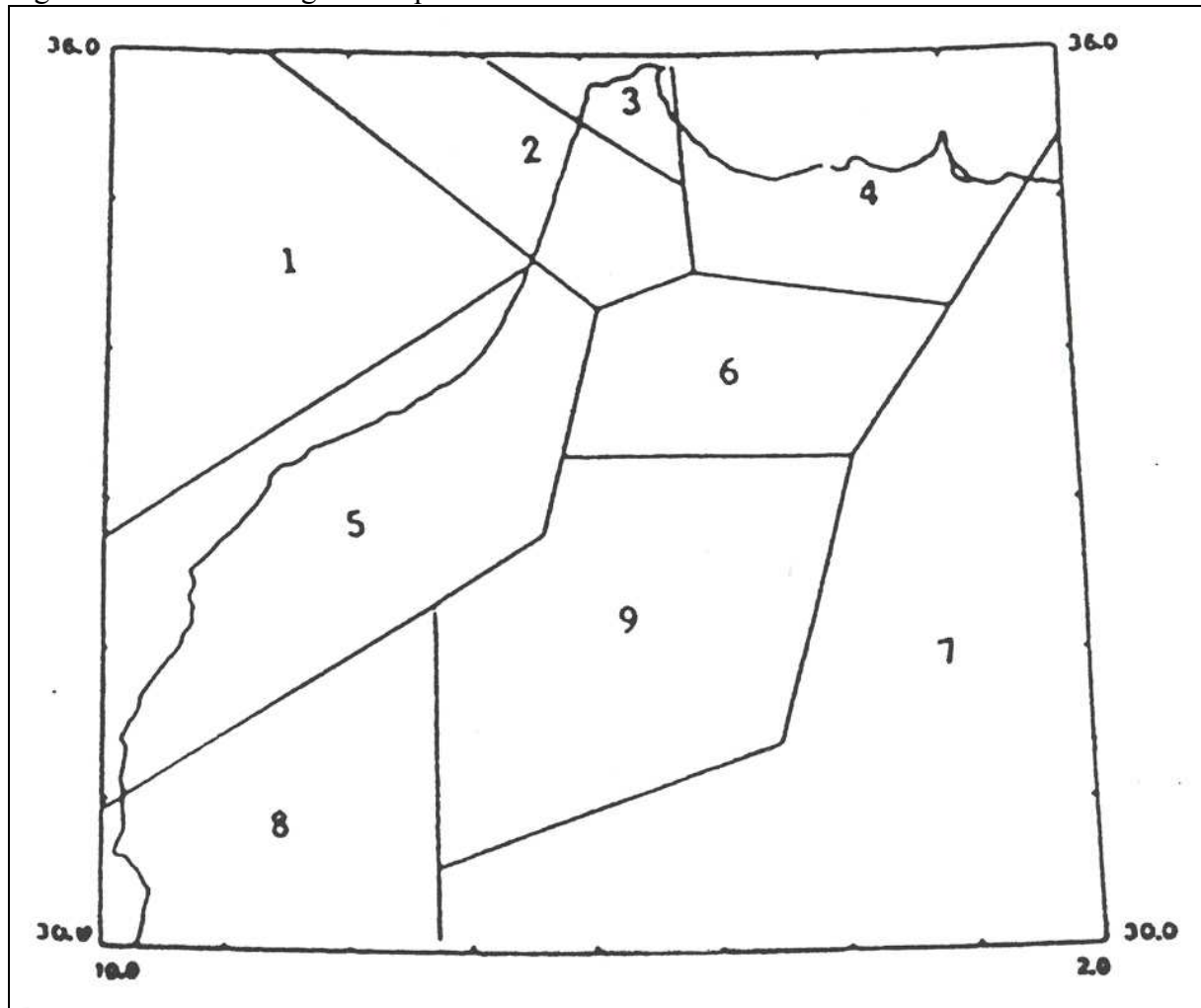
Figure 3. Carte de sismicité (1923-1986) et de zonage sismique du domaine rifain



Source : Cherkaoui 1991



Figure 4. Carte de zonage sismique du Nord du Maroc



Source : Tadili 1991.

## Conclusion

Le nombre élevé des victimes à la suite d'un tremblement de terre est dû en général à la mauvaise qualité des constructions. Un sismologue américain avait dit : "les tremblements de terre ne tuent pas, ce sont les bâtiments qui tuent".

L'élaboration des cartes de zonage sismique (Fig. 3 et 4) et par conséquent des cartes d'aléa sismique ce sont là les outils de référence pour les géotechniciens et les ingénieurs et les documents indispensables à la protection civile pour l'organisation des secours.

Rappelons qu'à Agadir en 1960, les constructions bien conçues et bien exécutées ont mieux résisté que les bâtiments de conception traditionnelle et les ouvrages mal exécutés.

L'application du code de construction parasismique dans la reconstruction d'Agadir s'est traduite par une augmentation des coûts de 5 à 10% pour les constructions de 1 à 4 niveaux.

La question du surcoût est essentielle ; on l'évalue généralement à 3 ou 4% maximum du coût de l'ouvrage pour des maisons d'habitation et de petits immeubles. Ce surcoût peut être réduit à zéro quand la conception parasismique est intégrée dès le départ à la conception générale de l'ouvrage (Cherkaoui et al., 1987).

L'application du code de construction parasismique est le moyen le plus efficace pour réduire les pertes en vies humaines et autres dommages liés aux séismes. Ce code doit être révisé et réactualisé périodiquement une fois tous les 10 ou 15 ans pour tenir compte des

nouvelles données, en revanche, le plan d'aménagement du territoire est conçu, en général, pour quelques siècles.

Au Maroc, la généralisation et l'obligation de construire parasismique sont indispensables, car depuis le début de ce siècle, notre pays a connu déjà une dizaine de violents séismes dont celui d'Agadir.

## Bibliographie

- ANDRIEUX J. FONTBOTE J. M. et MATTAUER M. (1971) : Sur un modèle explicatif de l'arc de Gibraltar.  
Barth Planet Scien. Lett. ; vol ; 12 ; 2 ; pp : 191-198.
- BARZANGI M. et DORMAN J. (1969) : World seismicity maps compiled from ESSA, coast and geodetic survey, epicenter data, 1961-1967. B.S.S.A. ; vol. 59 ; n-1 ; pp : 369-380.
- BEN SARI D. (1978) : Connaissance géophysique du Maroc. Thèse d'Etat ; Univ. Grenoble ; 262 p ; plus fig.
- CHERKAOUI T.-E. (1988) : Fichier des séismes du Maroc et des régions limitrophes : 1901-1984. Trav. Inst. Scien. Rabat ; Série géol. géogr. phys. ; 17 ; 158 p ; carte h.t.
- CHERKAOUI T.-E. (1991) : Contribution à l'étude de l'aléa sismique au Maroc. Thèse d'Université Joseph Fourier, Grenoble, 247 p.
- CHERKAOUI T.-E. et ASEBRIY L (1995) : Etude de l'aléa sismique dans la région de Fès. Rapport inédit, OGER international, 42 p.
- CHERKAOUI T.-E., HERQUEL G., RIMI A. et EL ALAMI S.O. (1987) : Les tremblements de terre. In « La grande encyclopédie du Maroc », vol. géographie physique ; pp : 51-74.
- EL ALAMI S.O. et TINT! S. (1991) : A preliminary evaluation of the tsunami hazards in the Moroccan coasts. Inter. Journ. Tsunami Soc. ; vol 9 ; n-1 ; pp : 31-38.
- EL ALAMI S.O., TADILI B.-A., CHERKAOUI T.- E., MEDINA F., RAMDANI M., AIT BRAHIM L. et HARNAFI M. (sous presse) : Etude du séisme d'Al Hoceima du 26 mai 1994 et répliques.
- ELMRABET T. (1991) : Histoire des séismes du Maroc. Thèse 3ème cycle ; Faculté des lettres et des sciences humaines ; Univ. Mohammed V ;
- FROGNEUX M. (1980) : La sismicité marocaine. Etude des paramètres à la source des séismes proches. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle ; Univ. Grenoble ; 131 p.
- GALBIS RODRIGUEZ J. (1932) : Catalogo sismico de la zona comprendida entre los meridianos 5-E y 20-W de Greenwich y los paralelos 45- y 25-N. I ; Inst. Geogr. y Catastral ; 807 p.
- GALBIS RODRIGUEZ J. (1940) : Catalogo sismico de la zona comprendida entre los meridianos 5-E y 20-W de Greenwich y los paralelos 45- Y 25-N.II ; Inst. Geogr. y Catastral ; 207 p.
- HATZFELD D. (1978) : Etude sismotectonique de la zone de collision ibéro-maghrébine. Thèse d'Etat ; Univ. Grenoble, 281 p.
- HATZFELD D., CAILLOT V., CHERKAOUI T.-E, JEBLI H. et MEDINA F. (1993) : Microearthquake seismicity and fault plane solutions around the Nekor strike-slip fault, Morocco. Earth Planet. Scien. Lett. ; 120 ; pp : 31-41.
- RAMDANI M. (1991) : Etude sismotectonique du Nord du Maroc. Thèse es Sciences ; Faculté des Sciences, Univ. Mohammed I ; Oujda ; 248 p.
- TADILI B.-A. (1991) : Etude du risque sismique au Nord du Maroc. Thèse es Sciences ; Faculté des Sciences, Univ. Mohammed I ; Oujda ; 231 p.
- ROUX G. (1934) : Notes sur les tremblements de terre ressentis au Maroc avant 1933. Mém. Soc. Scien. Nat. Maroc ; XXXIX ; pp : 42-71.
- UDIAS A., LOPEZ ARROYO A. & MEZCUA J. (1976) : Sismotectonic of the Azores-Alboran region. Tectonophysics ; 31 ; pp : 259-289.
-



<b><i>L'ALEA SISMIQUE ET L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE DES PROVINCES DU NORD DU MAROC</i></b>	<b>25</b>
<b><i>Introduction</i></b>	<b>25</b>
<b><i>1 Les mécanismes et la nature des tremblements de terre</i></b>	<b>25</b>
<b><i>2 Les grands tremblements de terre ayant affecté le maroc</i></b>	<b>26</b>
<b><i>3 Cadre géodynamique et sismotectonique du nord du Maroc</i></b>	<b>28</b>
<b><i>4 Distribution géographique de l'activité sismique dans le nord du Maroc</i></b>	<b>29</b>
Le sud-ouest du cap St Vincent	29
Le golfe de Cadix	29
L'ovale bético-rifain	29
<b><i>5 L'aléa sismique dans le nord du Maroc</i></b>	<b>30</b>
<b><i>Conclusion</i></b>	<b>31</b>
<b><i>Bibliographie</i></b>	<b>32</b>

---