



Les séismes

DOSSIER D'INFORMATION

risques naturels majeurs

Introduction

Le séisme est le risque naturel majeur le plus meurtrier et qui cause le plus de dégâts. De 1994 à 2004, les séismes ont fait plus de 80 000 victimes dans le monde.

Si le mécanisme du séisme est aujourd'hui mieux connu, tant du point de vue de son origine que de sa propagation, il reste encore un phénomène imprévisible.

Faute de prévisibilité, c'est donc par une approche statistique probabiliste que le problème est appréhendé. Plus encore que pour les autres catastrophes naturelles, la connaissance des phénomènes passés est la clef de l'avenir.

Les populations ne sont toutefois pas égales devant le danger. À magnitude équivalente, un séisme sera moins destructeur dans un pays préparé et qui a intégré dans sa culture la construction parasismique (cas des États-Unis notamment) que dans un pays défavorisé ou trop laxiste, où les règles de l'art ne sont pas respectées.

Cela ne signifie pas que les pays industrialisés sont à l'abri pour autant (séisme de Kôbé de 1995, Japon). Le propre de la construction parasismique n'est pas de protéger à tout prix, seulement de limiter les dégâts. Nulle ville dans le monde n'est réellement à l'abri d'un séisme majeur dépassant en intensité les prévisions initiales.

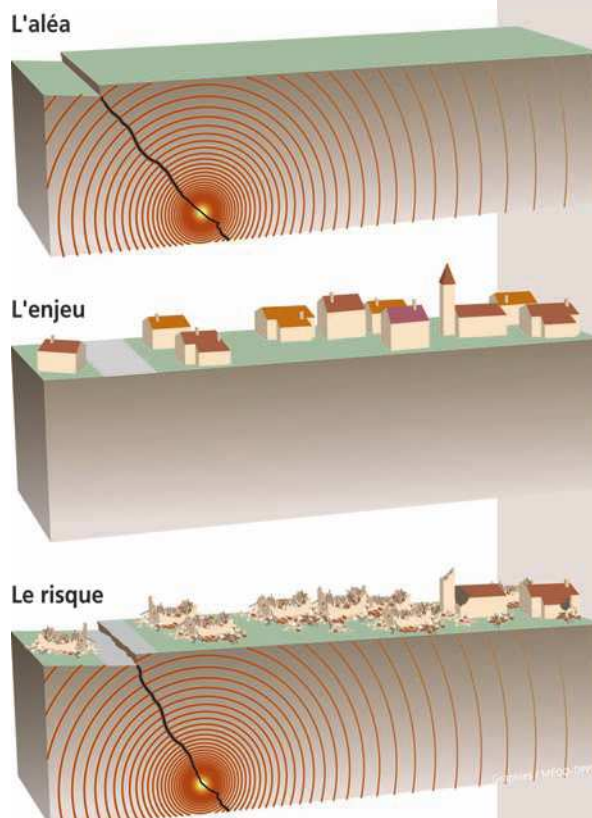


La controverse Voltaire – Rousseau

À la suite du tremblement de terre de Lisbonne en 1755, Voltaire rédige le « Poème sur le désastre de Lisbonne », dans lequel il présente la fatalité des phénomènes naturels. Dans sa « Lettre sur la Providence », Rousseau expose un point de vue opposé en expliquant que l'Homme peut agir pour améliorer son existence (notamment en n'habitant pas sur des lieux dangereux ou dans des conditions défavorables, comme la surpopulation).

Cette controverse entre les deux écrivains marque le début de la réflexion sur la responsabilité de l'Homme face aux risques naturels majeurs, auparavant attribués à la seule fatalité.

Pour en savoir plus :
www.sitemagister.com/volrous2.htm



Quelques définitions sont nécessaires à la compréhension de ce document.

L'aléa est la manifestation d'un phénomène naturel d'occurrence et d'intensité données.

L'enjeu est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Le risque majeur est la conséquence d'un aléa d'origine naturelle ou humaine, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, occasionner des dégâts importants et dépasser les capacités de réaction des instances directement concernées.

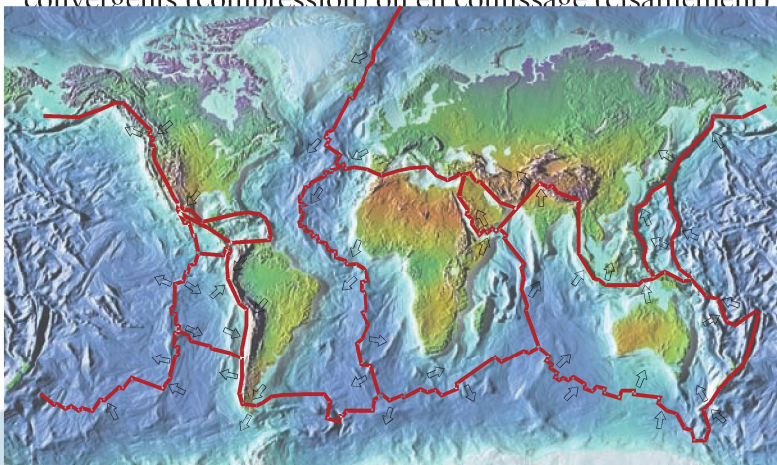
LE PHÉNOMÈNE SISMIQUE

La tectonique des plaques

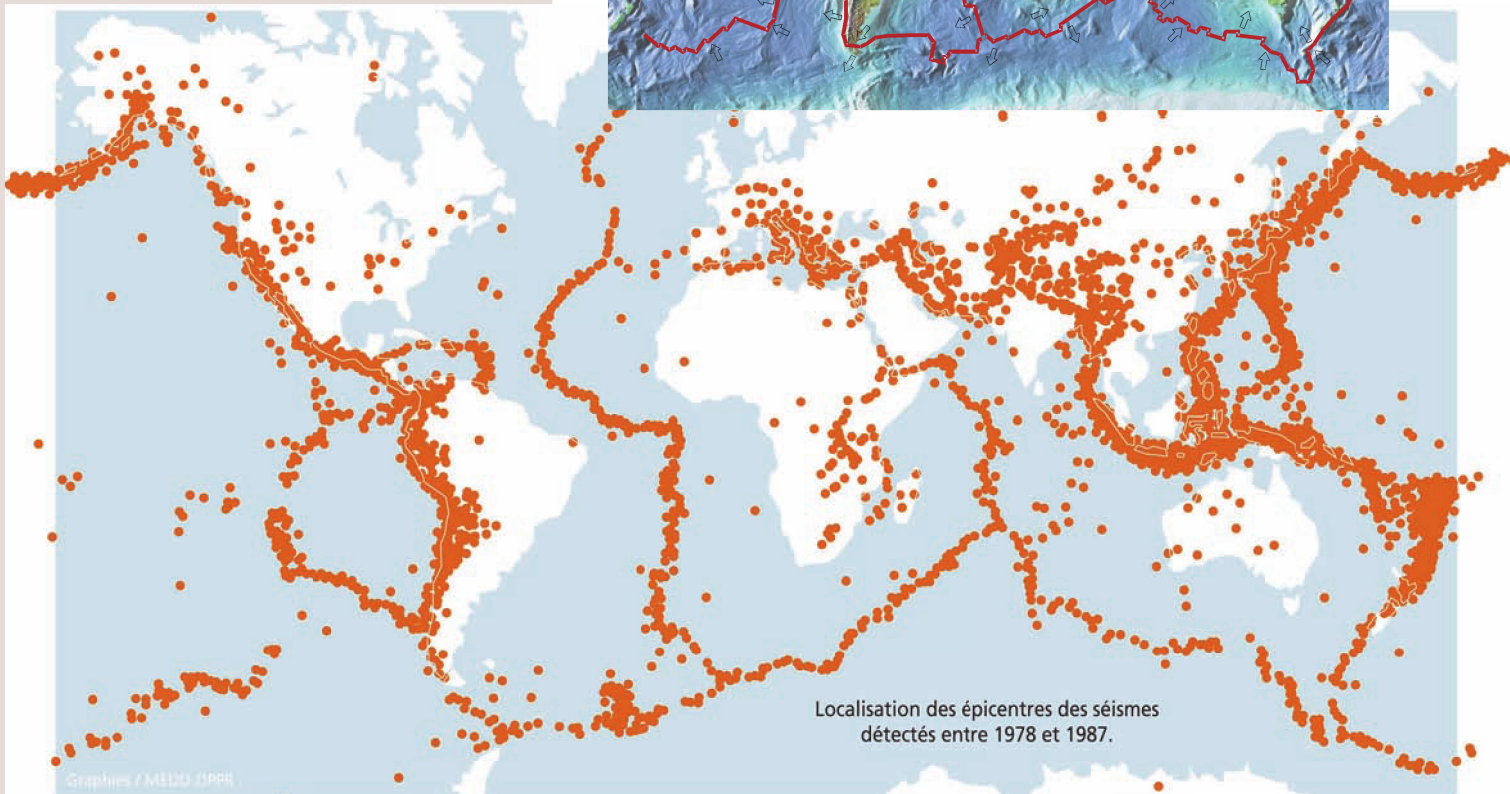
La tectonique des plaques, dont le principe est connu depuis la seconde moitié du XX^e siècle, est à l'origine des chaînes de montagne et de phénomènes tels que les séismes et le volcanisme.

La lithosphère (croûte et manteau supérieur) est morcelée en plusieurs fragments, appelés plaques, qui constituent la surface terrestre. En raison des mouvements de convection au sein du manteau, ces plaques sont mobiles les unes par rapport aux autres, avec des vitesses de quelques centimètres par an.

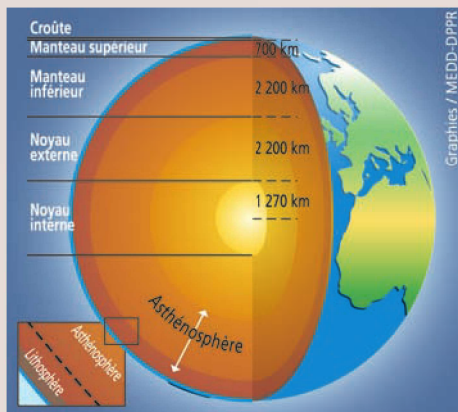
Les mouvements des plaques peuvent être divergents (extension), convergents (compression) ou en coulissage (cisaillement)



La plupart des séismes ont lieu dans les zones de contact entre plaques.



Localisation des épicentres des séismes détectés entre 1978 et 1987.



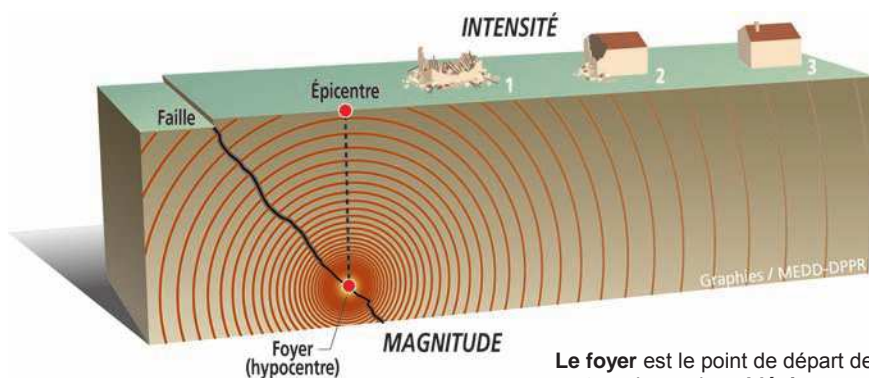
La structure interne de la Terre

Les séismes

Les efforts tectoniques peuvent occasionner des déplacements au niveau d'une faille (*foyer*). Cette libération brutale d'énergie occasionne une vibration du sol : le séisme. À la surface du sol, le point situé à la verticale du foyer est appelé *épicerne*. Le foyer peut être situé à faible profondeur (quelques kilomètres), on parle alors de *séisme superficiel*, ou à grande profondeur (plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres), on parle alors de *séisme profond*. Le séisme est d'autant plus violent en surface que la quantité d'énergie emmagasinée au niveau de la faille avant le séisme est importante et que la faille est proche de la surface.

L'énergie dégagée lors d'un séisme peut atteindre, voire dépasser pour les événements cataclysmiques, une puissance dix millions de fois plus importante que la bombe lâchée sur Hiroshima en 1945.

Les séismes peuvent être ressentis et destructeurs à plusieurs centaines de kilomètres de l'épicentre (Mexico, 1985).

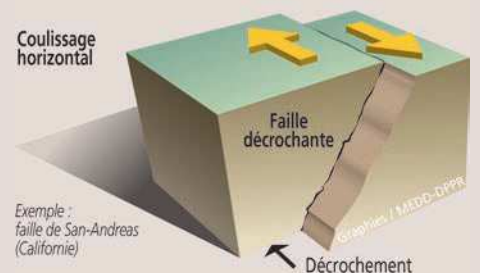
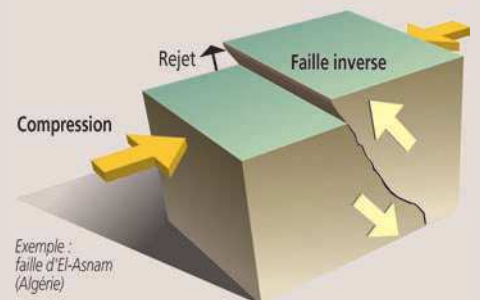
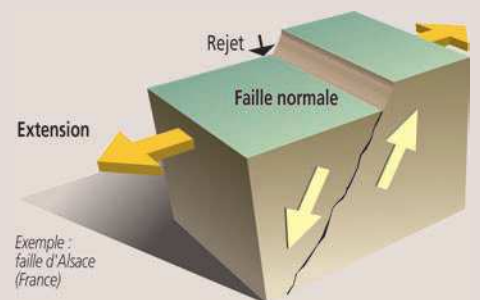


Le foyer est le point de départ de la rupture des roches. **L'épicentre** est le point de la surface terrestre situé à la verticale du foyer.

La magnitude mesure l'énergie libérée par le séisme au niveau du foyer. **L'intensité** mesure les conséquences du séisme en surface [voir p. 6]

Le mécanisme au foyer

L'histoire tectonique d'une région et les contraintes présentes dans la roche conditionnent le type de déplacement au niveau des failles. Ainsi dans les zones de compression, le déplacement s'effectue sur des failles inverses, et dans les zones d'extension, sur des failles normales. Ces deux types de failles induisent des déplacements verticaux, appelés *rejets*. Des déplacements horizontaux, appelés *décrochements*, sont également possibles dans le cas des failles de coulissage ou des failles transformantes.



Les différentes ondes sismiques

Lors du déplacement de la roche le long d'une faille, l'énergie libérée va se propager dans toutes les directions autour du foyer, sous forme d'une vibration complexe composée de différents trains d'ondes. L'arrivée de ces différents trains d'onde est décalée dans le temps en raison de vitesses de propagation différentes dans la roche. Pour un observateur éloigné de l'épicentre, le séisme est perçu comme une vibration dans toutes les dimensions, provenant de l'épicentre et déphasée dans le temps.

La localisation des séismes

Comme cela a été évoqué précédemment, l'activité sismique est principalement liée à la tectonique des plaques.

Les séismes inter-plaques

Dans la majorité des cas, les séismes se déclenchent en limite de plaques. C'est en effet au niveau de ces contacts que les contraintes occasionnées par la dérive des continents sont les plus fortes. Dans le monde, les zones les plus actives sont situées en Asie (Japon, Chine, Indonésie, Himalaya), au Proche-Orient (Turquie, Afghanistan), en Afrique du Nord (Algérie, Maroc) et en Amérique (Chili, Mexique, États-Unis). Séismes et volcanisme sont souvent associés sur ces limites de plaques.

Les séismes intra-plaque

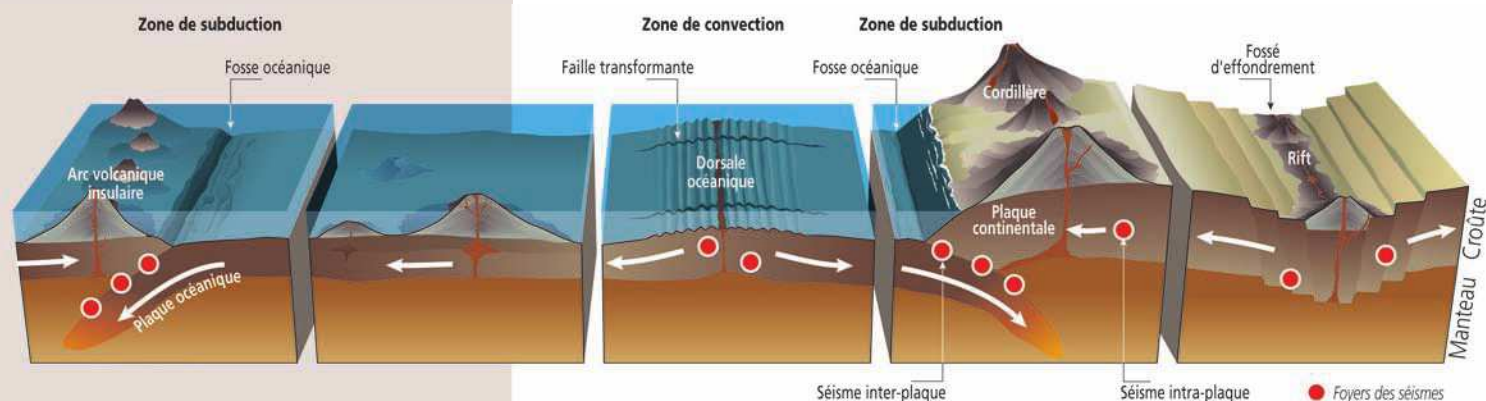
Même à l'intérieur des plaques tectoniques, des failles peuvent jouer et occasionner des séismes. Généralement moins violents que les précédents, ils correspondent à des réajustements des pressions dans la croûte terrestre. Ce sont plus particulièrement ces séismes que l'on observe en France métropolitaine.

Les séismes liés à l'activité volcanique

Les éruptions volcaniques, autre phénomène associé à la tectonique des plaques, occasionnent une multitude de séismes et de micro-séismes. Ces derniers peuvent permettre de prédire l'imminence d'une éruption. Dans le cas d'une activité explosive (volcan de type péleén), la magnitude du séisme peut être significative.

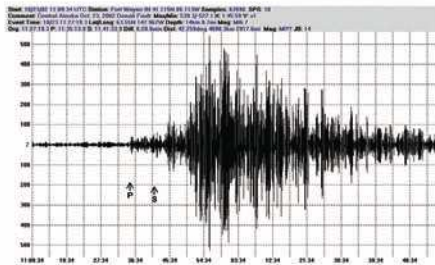
Les séismes liés à l'activité humaine

Certaines activités humaines peuvent occasionner des séismes, généralement modérés. Il s'agit notamment de la mise en eau des barrages ou de l'exploitation des gisements souterrains (gaz, minerais, etc.).



L'ALÉA SISMIQUE

L'enregistrement des séismes



Exemple de sismogramme

Le séisme se manifeste à la surface du sol par une série de vibrations. Elles peuvent être enregistrées au moyen d'un appareil appelé sismomètre. Celui-ci restitue une « image » du séisme en terme d'amplitude de la vibration : le sismogramme.

Pour un même séisme, les différents sismogrammes obtenus, au niveau de toutes les stations sismologiques, permettent de localiser l'épicentre du séisme, par lecture des délais d'arrivée des ondes et méthode des cercles [voir ci-contre]

La quantification des séismes

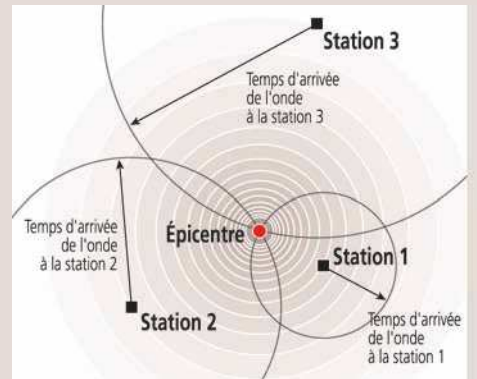
La magnitude de Richter

La magnitude d'un séisme (notée M) est un chiffre sans dimension, représentant l'énergie libérée lors de la rupture. La magnitude est unique pour un séisme et indépendante du lieu d'observation.

Estimée par exploitation des sismogrammes, la magnitude est théoriquement illimitée. Dans la pratique, aucune magnitude mesurée n'a dépassé 9,5 (au Chili, le 22 mai 1960). Augmenter la magnitude d'un degré revient à multiplier l'énergie libérée par trente. Ainsi, un séisme de magnitude 6 équivaut à la libération de l'énergie de trente séismes de magnitude 5.

L'intensité macrosismique

L'intensité macrosismique EMS'98 est estimée par observation des désordres sur les bâtiments et les infrastructures, ainsi que par la perception du séisme par la population. Elle comporte douze niveaux (de I à XII). Pour un même séisme, l'intensité macrosismique varie dans l'espace en fonction de la distance à l'épicentre et des phénomènes annexes, tels que l'amortissement ou l'amplification des ondes sismiques (effets de site). La zone d'intensité maximale est appelée épicentre macrosismique et peut être différente de l'épicentre réel.



Localisation de l'épicentre en fonction du temps d'arrivée des ondes sismiques

Les degrés d'intensité de l'échelle macrosismique européenne (EMS)

I • Secousse imperceptible

II • Secousse à peine perceptible

III • Secousse faible

La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par quelques personnes.

IV • Secousse largement observée

La secousse est ressentie à l'intérieur des habitations par de nombreuses personnes. Personne n'est effrayé.

V • Réveil des dormeurs

Réveil de la plupart des dormeurs. Balancement important des objets suspendus.

VI • Frayeur

De nombreuses personnes effrayées se précipitent dehors. De nombreuses constructions classiques subissent des dégâts mineurs, quelques-unes subissent des dégâts modérés.

VII • Dommages aux constructions

La plupart des personnes se précipitent dehors. Les dommages aux bâtiments sont nombreux, à des degrés divers.

VIII • Destruction de bâtiments

Forte panique. Les dommages aux bâtiments sont généralisés, allant parfois jusqu'à la destruction totale.

IX • Dommages généralisés aux constructions

Panique générale. Nombreuses destructions de bâtiments.

X • Destructions générales des bâtiments

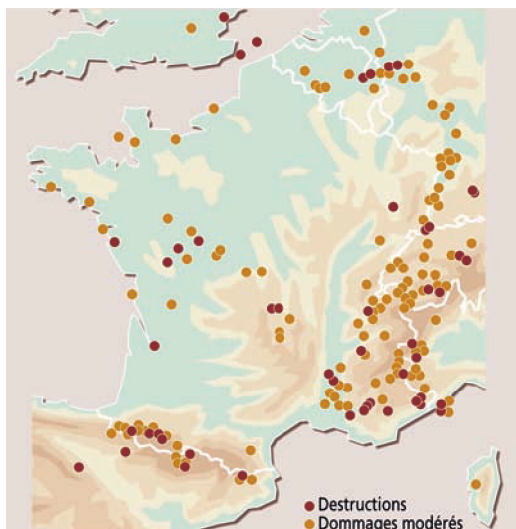
Même les bâtiments bien construits commencent à subir d'importants dommages.

XI • Catastrophe

Dommages sévères même aux bâtiments bien construits, aux ponts, barrages et voies de chemin de fer. Les grandes routes deviennent inutilisables.

XII • Changement de paysage

Pratiquement toutes les structures sont gravement endommagées ou détruites



Localisation de l'épicentre des séismes majeurs depuis l'an 1200.

Si vous ressentez un séisme, témoignez de votre expérience sur le site du Bureau central sismologique français <http://east.u-strasbg.fr/bcsf/>

□ Relation entre intensité et magnitude

Il n'y a pas de relation directe entre l'intensité et la magnitude. Les deux grandeurs sont difficilement comparables. Un séisme de forte magnitude avec un foyer profond et dans une région peu peuplée sera peu destructeur et donc sera qualifié de faible intensité. Au contraire, un séisme superficiel, même de magnitude moindre pourra être très destructeur et donc caractérisé par une grande intensité.

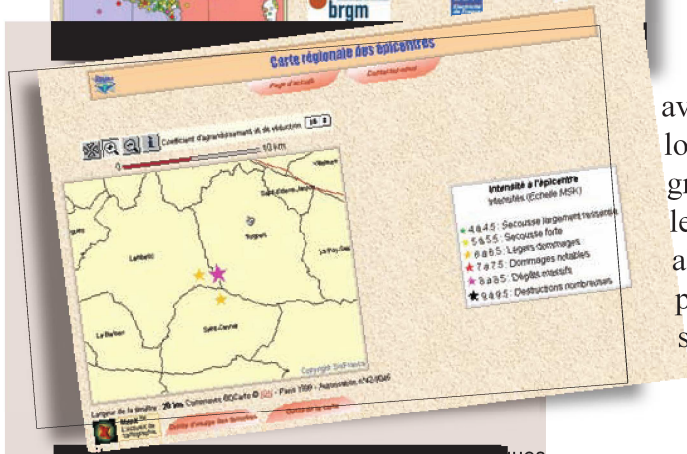
L'appréciation de l'aléa

□ La sismicité historique

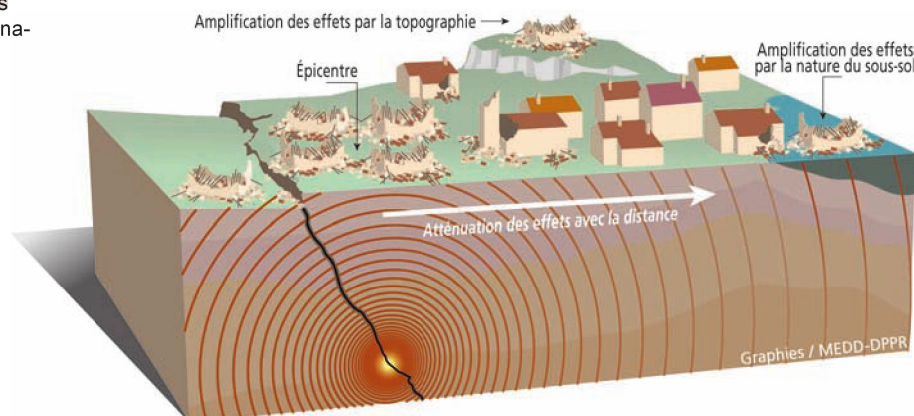
La connaissance (localisation et intensité) des séismes passés (de 200 avant JC à aujourd'hui) permet d'estimer pour une région, la période de retour ou la probabilité d'occurrence d'un séisme d'intensité donnée. Historiquement, certaines régions apparaissent ainsi quasiment asismiques (bassin parisien, etc.) alors que d'autres régions ont été plus ou moins durement affectées.

□ Les effets de site

Pour un séisme de magnitude donnée, le mouvement du sol est généralement maximal à l'aplomb de la faille et décroît avec la distance. Cependant, le mouvement du sol peut varier localement (augmentation ou réduction) en raison de la topographie ou de la constitution du sous-sol. Ainsi, les reliefs et les alluvions accumulées sur de grandes épaisseurs (plaines alluviales) enregistrent généralement des désordres supérieurs par effet d'amplification. On parle respectivement d'effets de site topographiques et lithologiques.



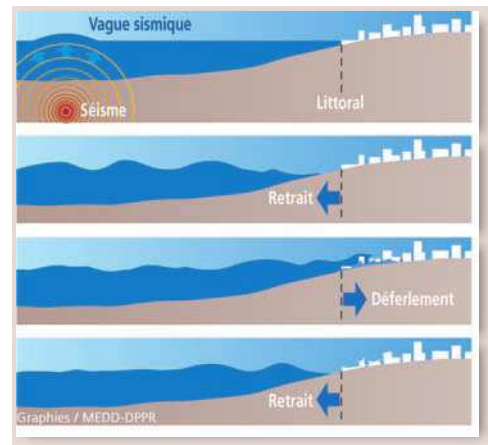
des séismes en France avec une précision communale. Voir <http://www.sisfrance.net/sommaire.appur> la métropole et <http://www.sisfrance.net/Antilles/> pour les Antilles.



Les phénomènes annexes

Les tsunamis

Les séismes, s'ils se produisent dans la mer ou à proximité de la côte, peuvent être à l'origine de raz-de-marée ou tsunamis. La plus importante caractéristique d'un tsunami est sa capacité à se propager à travers un océan entier. Des côtes situées à des milliers de kilomètres de l'épicentre peuvent être frappées, et de manière très meurtrière et dévastatrice.



La liquéfaction des sols

Dans certaines conditions de sollicitations dynamiques, certains sols, notamment des sables fins gorgés d'eau peuvent perdre toute

portance (principe des sables mouvants). Les bâtiments fondés sur ces sols peuvent alors subir des tassements importants et des basculements.

Les glissements de terrain et les chutes de blocs

Les séismes peuvent provoquer des glissements de terrain et des chutes de blocs par modification des conditions de l'équilibre géotechnique. Ainsi un versant stable en situation statique peut se trouver en déséquilibre sous sollicitation dynamique (séisme).

Les avalanches

Selon le même principe, un séisme peut être le déclencheur d'avalanches. La cohésion du manteau neigeux ou des couches de neige entre elles peut être rompue par la vibration occasionnée.