

PRÉFET DES
BOUCHES-DU-RHÔNE
Direction départementale
des Territoires et de la Mer

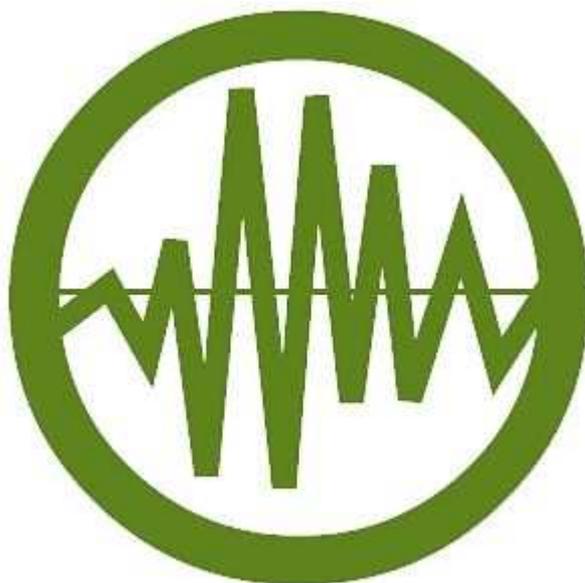
Transmission d'Informations aux Maires (TIM) Une démarche d'information préventive

au titre de l'article L. 125-2
du Code de l'Environnement

DOSSIER COMPLET D'INFORMATION

Aléa sismique dans le département des Bouches-du-Rhône

**Rappel de la réglementation parasismique nationale en vigueur depuis le 1^{er} mai 2011
Actualisation au 1^{er} juillet 2015**



Direction Départementale des Territoires et de la Mer des Bouches-du-Rhône
16, rue Zattara
13332 - Marseille Cedex3

Tél. accueil : 04 91 28 40 40 Site Internet : <http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/>

SOMMAIRE

ANNEXE A	La réglementation parasismique nationale en vigueur	5
A.1	La prise en compte du risque sismique dans l'aménagement.....	6
A.1.A	<i>L'application des règles de construction parasismique.....</i>	6
A.1.B	<i>Le document d'urbanisme.....</i>	6
A.1.C	<i>Le Plan de Prévention des Risques.....</i>	6
A.2	La réglementation parasismique nationale.....	7
A.2.A	<i>Cadre législatif et réglementaire</i>	7
A.2.B	<i>L'aléa - le zonage sismique</i>	7
A.2.C	<i>Les enjeux - Ouvrages « à risque normal » et ouvrages « à risque spécial »</i>	11
A.3	La construction parasismique.....	19
A.3.A	<i>L'implantation</i>	19
A.3.B	<i>La conception.....</i>	21
A.3.C	<i>L'exécution</i>	23
A.4	Responsabilité des acteurs.....	27
A.4.A	<i>Prérogatives de l'Etat, du maire et du citoyen</i>	27
A.4.B	<i>Responsabilités plus généralement de tout risque majeur des professionnels de l'aménagement et de la construction.....</i>	27
A.4.C	<i>Responsabilités des gestionnaires de réseaux et d'infrastructures prioritaires</i>	28
ANNEXE B	Dossier d'information sur le phénomène sismique pour l'Information Préventive	29
B.1	Présentation du phénomène sismique.....	30
B.1.A	<i>Les plaques Tectoniques</i>	30
B.1.B	<i>Qu'est qu'un séisme ?.....</i>	32
B.1.C	<i>Les failles.....</i>	33
B.1.D	<i>Contexte régional et local</i>	36
B.1.E	<i>Les effets d'un séisme</i>	43
B.2	Prédiction, Prévision et Prévention	49
B.2.A	<i>La prédiction (à court terme).....</i>	49
B.2.B	<i>La prévision (à long terme)</i>	49
B.2.C	<i>La Prévention</i>	50
ANNEXE C	Organisation des secours et consignes de sécurité	51
C.1	L'organisation des secours	52
C.1.A	<i>Au niveau départemental.....</i>	52
C.1.B	<i>Au niveau communal</i>	52
C.1.C	<i>Au niveau individuel.....</i>	52
C.2	Affichage des consignes de sécurité.....	53
C.3	Les consignes individuelles de sécurité.....	54

ANNEXE A
La réglementation parasismique nationale en vigueur



A.1 La prise en compte du risque sismique dans l'aménagement

A.1.A L'application des règles de construction parasismique

Dans le domaine des bâtiments, l'objectif principal de la réglementation parasismique est la sauvegarde des vies humaines pour une secousse dont le niveau d'agression est fixé pour chaque zone de sismicité par la réglementation. La construction peut alors subir des dommages irréparables, mais elle ne doit pas s'effondrer sur ses occupants. En cas de secousse plus modérée, l'application des dispositions définies dans les règles parasismiques permet de limiter les dommages et, ainsi, les pertes économiques.

A.1.B Le document d'urbanisme

Le code de l'urbanisme impose la prise en compte des risques dans les documents d'urbanisme. Ainsi, les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) rappelle dans leurs documents le zonage sismique de la commune et les grands principes de la réglementation parasismique nationale (règles de construction, exigences,...).

Le risque sismique peut également être pris en compte au travers des documents réglementant l'utilisation des sols (PPR).

A.1.C Le Plan de Prévention des Risques

Le Plan de Prévention des Risques naturels prévisibles (PPR) sismique, établi par l'Etat définit des zones d'interdiction et des zones de prescription (constructibles sous réserve).

Un aléa local dit « microzonage » est défini dans le cadre du PPR. Ce microzonage permet de prendre en compte les effets de site lithologiques et topographiques¹ locales (effets directs) sur les sollicitations sismiques.

Ces effets directs (vibrations sismiques, effets de site) n'induisent pas d'inconstructibilité. Cependant, tout projet de construction doit être adapté afin de rendre la construction parasismique c'est-à-dire capable de résister à un niveau d'agression sismique défini réglementairement.

Le PPR s'appuie sur trois cartes : la carte des aléas (intégrant les effets de site lithologiques et topographiques, les failles actives avec zones d'incertitude, les risques de liquéfaction et de mouvements de terrain), la carte du zonage et éventuellement la carte de risque sismique (calcul de l'endommagement des bâtiments : combinaison de l'aléa et de la vulnérabilité des bâtiments à cet aléa).

Dans le cadre de l'élaboration de la carte de zonage du PPR, les effets induits (mouvements de terrain, liquéfaction, rejet de faille,...) sont également évalués. Parmi ceux-ci, ce sont les effets induits « mouvements de terrain » et « rejet de faille » par la définition d'un aléa (nature, intensité...) qui peuvent entraîner un caractère d'inconstructibilité.

La carte de zonage définit deux zones :

- la zone inconstructible (habituellement représentée en rouge), en raison d'un risque trop fort d'effets induits (mouvements de terrain, rejet de faille)
- la zone constructible habituellement représentée en bleu (zone de moindre contrainte) où l'on autorise les constructions sous réserve du respect de certaines prescriptions liées aux effets directs (au minimum les règles de construction parasismique) ou propres au site, liées aux effets induits (chutes de blocs, glissements,...)

¹ Pour plus d'information sur les effets de site se reporter à l'Annexe B paragraphe B.1.E.a



A.2 La réglementation parasismique nationale

La nouvelle réglementation parasismique est en vigueur depuis le 1er mai 2011.

L'objectif principal de cette annexe est de présenter la réglementation parasismique nationale applicable aux bâtiments « à risque normal ».

La réglementation parasismique nationale applicable aux bâtiments « à risque normal »² vise à assurer **le non effondrement des constructions** pour la sauvegarde des vies humaines, l'ouvrage pouvant toutefois subir des déformations ou être endommagé.

Causes des non-conformités

Méconnaissance du nouveau zonage réglementaire

Mauvaise prise en compte des règles de construction

Prise en compte dans un domaine d'application erroné. Le champ des règles PS-MI est par exemple réduit par la qualité du sol de construction, le nombre d'étages admissible, la régularité de la structure...

Conséquences des non-conformités

La solidité de l'ouvrage peut être jugée compromise par le seul critère du non-respect des règles parasismiques

Un bâtiment, ne respectant pas les règles parasismiques, sera dangereux pour la sécurité des personnes et difficilement réparable même sous séisme d'intensité modérée

La mise en conformité d'un bâtiment ne respectant pas les règles parasismiques est toujours complexe et onéreuse.

© Agence Qualité Environnement et Ministère en charge du logement et de la construction - 2013

² Ensemble du bâti courant (maisons individuelles, immeubles d'habitation collective, écoles, hôpitaux, bureaux...)

A.2.A Cadre législatif et réglementaire

Le Cadre législatif et réglementaire pour les bâtiments « à risque normal » est constitué des deux décrets et de l'arrêté suivants :

Le décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique.

Ce décret modifie les articles R 563-1 à 8 du Code de l'Environnement.

Ce décret définit les grands principes relatifs aux règles parasismiques, notamment les modalités d'application de l'article L. 563-1 du Code de l'Environnement³.

Le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 (codifiée à l'article D.563-8-1) portant délimitation des zones de sismicité du territoire français.

L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

A.2.B L'aléa - le zonage sismique

Le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010. :

- une zone de sismicité très faible (1) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments « à risque normal » mais prise en compte de l'aléa sismique dans les installations à risque spécial (installations classées)
- quatre zones de sismicité faible (2), modérée (3), moyenne (4) et forte (5), où les règles de construction parasismique sont applicables pour les bâtiments

³ « Dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique ou cyclonique, des règles particulières de construction parasismique ou paracyclonique peuvent être imposées aux équipements, bâtiments et installations » (Art. L. 563-1 CE)



En France, c'est aux Antilles (Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy) que l'aléa sismique est le plus élevé, ces îles étant situées au niveau de la zone de subduction des plaques Nord Amérique et Sud Amérique sous la plaque caraïbe.

En métropole, la zone de sismicité la plus forte est la zone de sismicité 4.

A.2.B.a Le mouvement au rocher

L'aléa dit « régional », qui représente le niveau d'aléa pour un **sol dur** (ou mouvement « au rocher ») sans topographie marquée.

Cet aléa se traduit réglementairement par une accélération au rocher dépendant de la zone de sismicité.

L'arrêté du 22 octobre 2010, relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » définit l'accélération maximale de référence au rocher en fonction de la zone de sismicité, à prendre en compte pour le dimensionnement des bâtiments.

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_{gr} (m/s ²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3

**Accélération nominale au rocher selon la zone de sismicité
Pour un bâtiment de catégorie d'importance II**

A.2.B.b Prise en compte des effets de site directs et classes de sol

La nature locale du sol en surface (dizaines de mètres les plus proches de la surface) influence fortement la sollicitation ressentie au niveau des bâtiments (**effet de site lithologique**⁴).

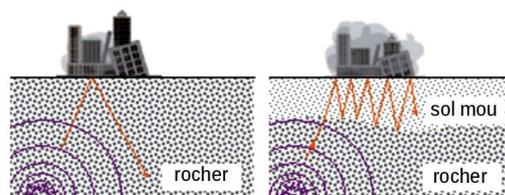
L'Eurocode 8 distingue sept catégories de sols (de la classe A pour un sol de type rocheux à la classe E pour un sol mou et deux autres classes de sol S₁ et S₂).

Conformément à l'Eurocode 8, « des investigations appropriées doivent être réalisées en vue de classer le sol » (Paragraphe

3 – Eurocode 8-01) sauf si la commune dispose d'un microzonage adapté défini dans le cadre d'un PPR approuvé après l'entrée en vigueur de la nouvelle réglementation (mai 2011).

Classe de sol	Description du profil stratigraphique
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs de mètres
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s (vitesse des ondes S) de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s
S ₁	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé ($PI > 40$) et une teneur en eau importante
S ₂	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S ₁

Classifications des sols selon l'Eurocode 8



Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

Le paramètre S associé à chaque classe de sol principale (de A à E) est défini par l'arrêté du 22 octobre 2010.

⁴ Pour plus d'information sur les effets de site se reporter à l'Annexe B paragraphe B.1.E.a



Le paramètre S est un coefficient multiplicateur qui intervient dans le calcul de l'accélération de référence ; un sol meuble étant de nature à amplifier les accélérations et donc les dommages subis par un bâtiment, comparativement à un sol rocheux.

Classes de sol	S (zones 1 à 4)	S (zone 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	
D	1,6	
E	1,8	
S_1	A définir dans le cadre d'études particulières (Eurocode 8-01)	
S_2		

**Valeur du coefficient multiplicateur S
en fonction de la classe de sol**

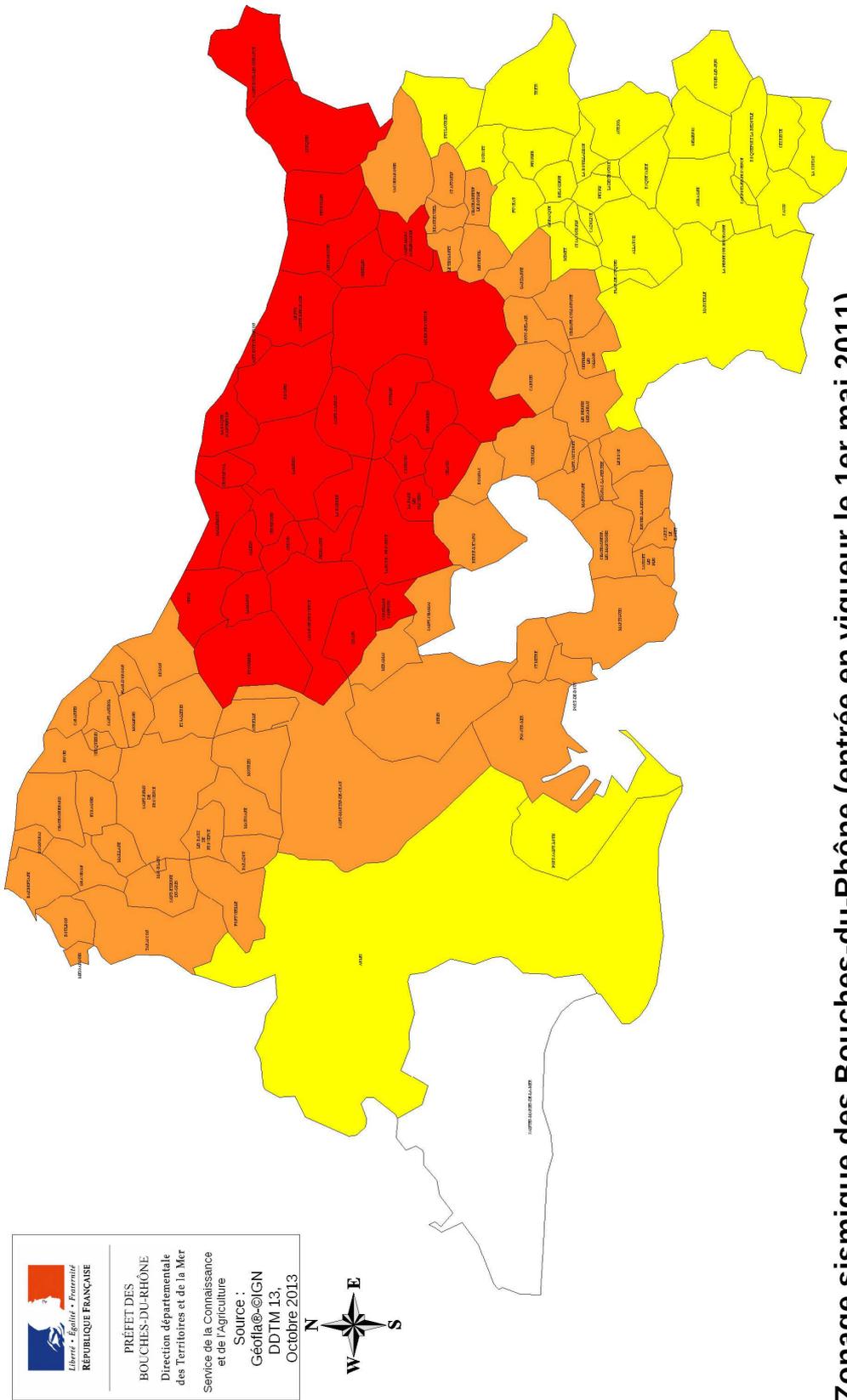
Le paramètre S permet de traduire l'amplification de la sollicitation sismique exercée par certains sols.

Par ailleurs, conformément à l'Eurocode 8, pour les structures importantes (Bâtiments de catégorie d'importance III et IV), il y a lieu de tenir compte des effets d'amplification topographique⁵.

De même que pour l'effet lithologique caractérisé par un coefficient multiplicateur S , l'effet topographique est pris en compte par l'intermédiaire d'un coefficient S_T dans le calcul de l'accélération de référence.

⁵ Pour plus d'information sur les effets de site topographiques se reporter à l'Annexe B paragraphe B.1.E.a





PRÉFET DES
BOUCHES-DU-RHÔNE
Direction départementale
des Territoires et de la Mer
Service de la Connaissance
et de l'Agriculture
Source :
Géoifa@IGN
DDTM 13,
Octobre 2013



Zonage sismique des Bouches-du-Rhône (entrée en vigueur le 1er mai 2011)

Depuis le 22 octobre 2010, la France dispose d'un nouveau zonage sismique divisant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante en fonction de la probabilité d'occurrence des séismes (articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par les décrets no 2010-1254 du 22 octobre 2010 et no 2010-1255 du 22 octobre 2010, ainsi que par l'Arrêté du 22 octobre 2010) :

- une zone de sismicité 1 où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments à risque normal (l'aléa sismique associé à cette zone est qualifié de très faible).
- quatre zones de sismicité 2 à 5, où les règles de construction parasismique sont applicables aux nouveaux bâtiments, et aux bâtiments anciens dans des conditions particulières.

Pour plus d'informations : <http://www.planseisme.fr/Zonage-sismique-de-la-France.html>

A.2.C Les enjeux - Ouvrages « à risque normal » et ouvrages « à risque spécial »

- La première classe dite « à **risque normal** », définie à l'article R.563-3 du Code de l'Environnement et précisée dans les arrêtés d'application,⁶ regroupe les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. Elle comprend notamment l'ensemble du bâti courant (maisons individuelles, immeubles d'habitation collective, écoles, hôpitaux, bureaux...)
- La seconde classe dite à « **risque spécial** » correspond aux bâtiments, équipements et installations pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement de dommages, mêmes mineurs, peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat desdits bâtiments, équipements et installations. Il s'agit notamment des barrages ou centrales nucléaires qui sont soumis à des recommandations de sûreté particulières, mais aussi de certains équipements et installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui font l'objet d'une réglementation particulière

Pour rappel, l'objectif principal de cette annexe est de présenter la réglementation parasismique nationale applicable aux bâtiments « à risque normal ».

A.2.C.a Classification des bâtiments « à risque normal »

Les bâtiments « à risque normal » sont répartis en quatre catégories d'importance définies par **l'arrêté du 22 octobre 2010** en fonction du risque encouru par les personnes ou du risque socio-économique causé par leur défaillance (de la catégorie I à faible enjeu à la catégorie IV qui regroupe les structures stratégiques et indispensables à la gestion de crise).

⁶ Pour les bâtiments, Il s'agit de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Il existe d'autres ouvrages (autres que les bâtiments) qui peuvent être dits « à risque normal » : les ponts, les équipements,...

Afin de tenir compte de la catégorie d'importance du bâtiment, un coefficient multiplicateur est attribué à chaque catégorie (tableau ci-après) et apparaît dans le calcul de l'accélération sismique de référence.

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_I
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

Le coefficient d'importance γ_I

A chaque catégorie d'importance est associé un coefficient d'importance γ_I qui vient moduler l'action sismique de référence conformément à l'Eurocode 8.

Valeur du coefficient d'importance γ_I suivant la catégorie d'importance du bâtiment

A.2.C.b L'accélération de calcul

L'accélération de calcul a_g (sans prise en compte des effets de site topographiques⁷) a pour expression :

$$a_g = a_{gr} * \gamma_I * S$$

En prenant en compte les éventuels effets de site topographiques (coefficient multiplicateur S_T), l'expression de l'accélération de calcul a_g devient :

$$a_g = S_T * a_{gr} * \gamma_I * S$$

C'est cette dernière expression qui est utilisée pour le calcul de l'accélération sismique de référence et le dimensionnement de la structure des bâtiments « à risque normal ».

Dans le cas de travaux sur un bâtiment existant, la catégorie d'importance à considérer est celle du bâtiment après travaux ou changement de destination. Pour les bâtiments constitués de diverses parties relevant de catégories d'importance différentes, c'est le classement le plus contraignant qui s'applique à leur ensemble.

⁷ Pour plus d'information sur les effets de site se reporter à l'Annexe B paragraphe B.1.E.a



Catégorie d'importance		Description
I		Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée (hangars, bâtiments agricoles etc.)
II		Habitations individuelles Établissements recevant du public de catégories 4 et 5 à l'exception des bâtiments scolaires Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m Bureaux ou établissements commerciaux non ERP de hauteur inférieure à 28 m et pouvant accueillir au plus 300 personnes Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes Bâtiments abritant les parcs de stationnement ouverts au public
III		ERP de catégories 1, 2 et 3 Habitations collectives et bureaux de hauteur supérieure à 28 m Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes Bâtiments des établissements sanitaires et sociaux Bâtiments des centres de production collective d'énergie suivant le niveau de production Établissements scolaires
IV		Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie Bâtiments des établissements de santé nécessaires à la gestion de crise Bâtiments des centres météorologiques

**Répartition des bâtiments à « risque normal » par catégories d'importance
(arrêté du 22 octobre 2010)**

A.2.C.c Les règles de construction parasismique

L'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010 définit les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à **risque normal** » :

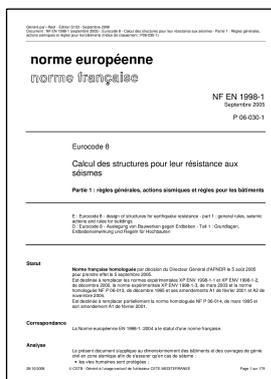
- L'Eurocode 8 (parties 1, 3 et 5) transposé en normes françaises NF EN 1998-1, NF EN 1998-3 et NF EN 1998-5 et leurs annexes nationales associées (NA) est la règle générale de dimensionnement des bâtiments et ouvrages géotechniques associés

Ces règles de construction ont été harmonisées à l'échelle européenne et ont bénéficié des progrès récents dans le domaine du génie parasismique.

La **partie 1** expose les principes généraux du calcul parasismique et les règles applicables aux différentes typologies de bâtiments :

NF EN 1998-1, septembre 2005. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

NF EN 1998-1/NA, décembre 2007. Annexe nationale à la NF EN 1998-1 : 2005. Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.



La **partie 3** concerne l'évaluation (diagnostic) et le renforcement des bâtiments existants:

NF EN 1998-3, décembre 2005. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments.
NF EN 1998-3/NA, janvier 2008. Annexe nationale à la NF EN 1998-3 : 2005. Évaluation et renforcement des bâtiments.

La **partie 5** vient compléter le dimensionnement en traitant des fondations de la structure, des aspects géotechniques et des murs de soutènement :

NF EN 1998-5, septembre 2005. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.

NF EN 1998-5/NA, octobre 2007. Annexe nationale à la NF EN 1998-5 : 2005. Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques.

- Les règles **forfaitaires** simplifiées PS-MI⁸, de la norme NF P 06-014 mars 1995 amendée A1 février 2001 (Pour plus d'informations sur le domaine d'application de cette norme, se reporter au paragraphe suivant)

«Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - Règles PS-MI 89 révisées 92».



A.2.C.d Le croisement Aléa – Catégorie d'importance des bâtiments - Exigences de la réglementation

Pour les ouvrages « à risque normal », les exigences de protection parasismique sont modulées en fonction de deux critères : la zone sismique (localisation géographique) d'une part (aléa) et la catégorie d'importance de l'ouvrage d'autre part (enjeu).

	I 	II petit bâtiment 	III établissement 	IV protection primordiale 
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2	aucune exigence		Eurocode 8	
Zone 3	aucune exigence	Règles simplifiées PS-MI	Eurocode 8	Eurocode 8
Zone 4	aucune exigence	Règles simplifiées PS-MI	Eurocode 8	Eurocode 8
Zone 5 (Antilles)	aucune exigence	Règles simplifiées CP-MI Antilles	Eurocode 8	Eurocode 8

Règles de construction à respecter pour les bâtiments neufs en fonction de la catégorie d'importance et de la zone de sismicité

⁸ Ces règles ont un domaine d'application limitée. Pour en savoir plus, se reporter au paragraphe A.2.C.d



Les bâtiments neufs « à risque normal » – Exigences de la réglementation

Les règles de construction parasismique dites « règles Eurocode 8 » s'appliquent pour tous les bâtiments de catégorie d'importance II, III et IV.

Cependant, les règles **forfaitaires** simplifiées PS-MI, de la norme NF P 06-014 mars 1995 amendée A1 février 2001 « Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - Règles PS-MI 89 révisées 92 », peuvent être utilisées en dispense des règles Eurocode 8. Le projet doit alors respecter ces conditions d'application.

Ces règles sont forfaitaires, sans calculs complexes.

Les conditions du paragraphe 1.1 de la norme (NF P 06-014), sont en partie listées ci-dessous:

- Le bâtiment comporte au plus un rez-de-chaussée, un étage et un comble, construits sur terre-plein ou sur sous-sol

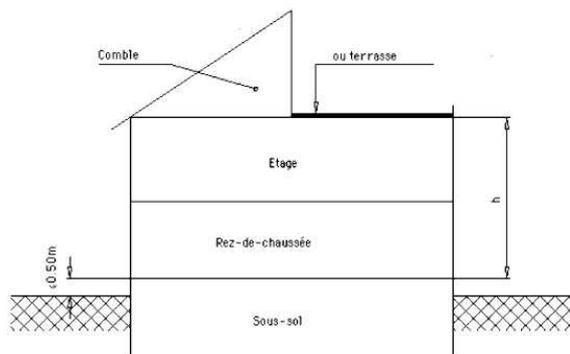
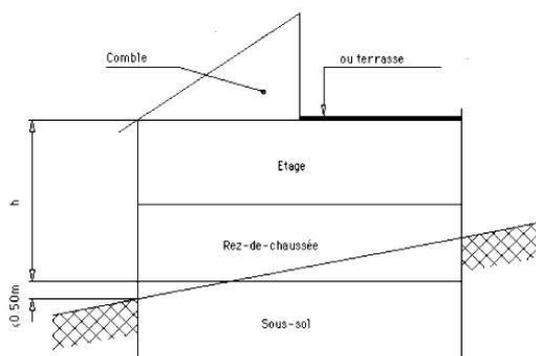


Figure 1.1

Coupe sur bâtiment (terrain plat)



Coupe sur bâtiment (terrain en pente)

- Si le plancher du rez-de-chaussée n'est pas en moyenne à moins de 0,50 m au-dessus du sol, le sous-sol est compté comme un étage (figures ci-avant). Il en est de même en cas de terrain en pente : en façade aval le plancher du rez-de-chaussée ne doit pas se trouver à plus de 0,50 m au-dessus du sol (figure ci-après), exception faite d'un accès au sous-sol d'au plus 3,00 m de largeur d'ouverture
- la hauteur « h » du plancher du comble ou de la terrasse, mesurée à partir du plancher du rez-de-chaussée, n'excède pas 3,30 m dans le cas d'une construction en rez-de-chaussée, ou 6,60 m dans le cas d'une construction à étages construits en murs de maçonnerie porteurs ou en béton banché ou en panneaux préfabriqués ou en panneaux en bois ou en ossature ou/et panneaux en acier en respectant les conditions d'exécution de la norme
- Les planchers seront prévus pour des charges d'exploitation inférieures ou égales à 2,5 kN par m²

Si le projet de construction de maison individuelle ne respecte pas les conditions d'application des règles PS-MI, les règles parasismiques applicables sont celles des normes NF EN 1998-1 et NF EN1998-5 de septembre 2005, dites « règles Eurocode 8 ».

Consulter la norme susmentionnée pour obtenir des informations complètes sur le domaine d'application des règles PS-MI.

Exigences en cas de travaux lourds sur l'existant (bâtiment « à risque normal »)

L'obligation d'application des règles parasismiques aux bâtiments faisant l'objet de travaux lourds est définie dans l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010.

En fonction de la zone de sismicité et de la catégorie d'importance du bâtiment et de la nature des travaux et du niveau de modification envisagé sur la structure (extension de surface de plancher, suppression partielle de plancher,...), la réglementation nationale exige :

- En cas d'application des règles de construction **Eurocode 8**, le renforcement de l'ensemble du bâtiment pour une valeur de l'accélération égale à 60% de l'accélération a_{gr} prise en compte dans le dimensionnement de bâtiment neuf



- En cas d'application des règles de construction **PS-MI**, la prise en compte de la zone de sismicité immédiatement inférieure à celle du zonage sismique national de la commune.

Les extensions de bâtiment désolidarisées par un joint de fractionnement doivent être dimensionnées comme une structure neuve.

	Cat.	Travaux	Règles de construction
Zone 2	IV	> 30% de SHON créée	Eurocode 8³ $a_{gr}=0,42 \text{ m/s}^2$
		> 30% de plancher supprimé à un niveau	
Zone 3	II	> 30% de SHON créée	PS-MI¹ Zone 2
		> 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées	
	III	> 30% de SHON créée	Eurocode 8³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$
		> 30% de plancher supprimé à un niveau	
Zone 4	II	> 30% de SHON créée	PS-MI¹ Zone 3
		> 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées	
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$
		> 30% de plancher supprimé à un niveau	
IV	> 20% des contreventements supprimés	Eurocode 8³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$	
	Ajout équipement lourd en toiture		
Zone 5	II	> 30% de SHON créée	CP-MI²
		Conditions CP-MI respectées	
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$
		> 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés	
IV	> 20% de SHON créée	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$	
	> 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture		

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI. La zone sismique à prendre en compte est celle immédiatement inférieure au zonage réglementaire (modulation de l'aléa).

² Application **possible** du guide CP-MI

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

Exigences de la réglementation en cas de travaux lourds en fonction de la catégorie d'importance et de la zone de sismicité

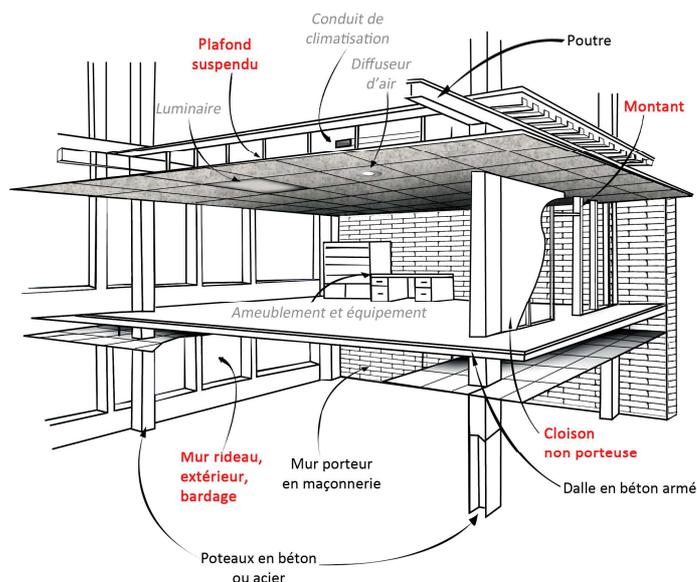
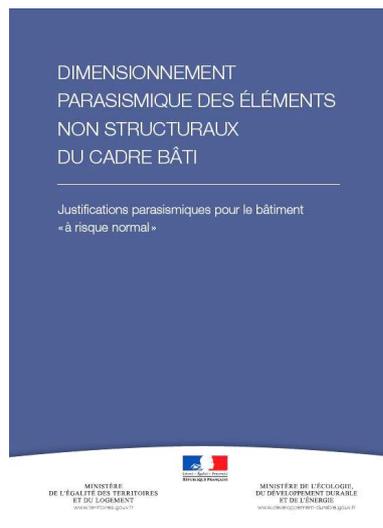
Dans tous les cas, les travaux entrepris sur un bâtiment ne doivent pas augmenter sa vulnérabilité au séisme.

Procédés innovants

En cas de procédé innovant, les dispositifs constructifs doivent être justifiés par application des principes de la norme NF EN 1990 mars 2003, le cas échéant étendus aux éléments non structuraux, en tenant compte du caractère spécifique de leurs matériaux et procédés constitutifs.



Eléments non structuraux



Exemple d'éléments non structuraux « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti »

©Ministère de l'égalité des territoires et du logement
©Ministère de l'écologie, du développement durable
et de l'énergie

Définition des familles d'éléments du cadre bâti

Les éléments constitutifs du bâtiment sont distingués suivant la fonction qu'ils assurent :

Les éléments structuraux (murs, planchers...) assurent la stabilité et la résistance du bâtiment sous l'effet des charges (gravité, vent, séisme...),

Les éléments non structuraux (cheminées, cloisons, éléments de façade, plafonds suspendus...) contribuent de façon négligeable à la reprise des efforts dans la structure,

Les équipements techniques se caractérisent par des fonctions annexes au clos et couvert, par exemple en assurant des fonctions de confort ou d'exploitation du bâtiment (chauffage, éclairage, distribution d'eau, ascenseurs...).

Source : Extrait du guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal »

Les éléments non structuraux nécessitant une prise compte du séisme sont ceux définis au chapitre 1^{er} (Domaine d'application) du référentiel "Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti - Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal »" version 2014, disponible sur les sites Internet du MLETR et du MEDDE. Ce référentiel vient expliciter le champ et les principes de l'Eurocode 8 dans sa partie dédiée aux éléments non structuraux du cadre bâti afin de proposer une méthode simplifiée pour l'application des clauses réglementaires.

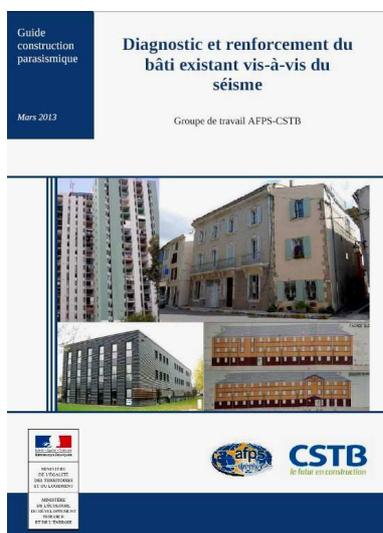
L'application de la réglementation sismique est obligatoire pour le dimensionnement des éléments non structuraux des constructions neuves mais également à l'ajout ou au remplacement de ces derniers lors de travaux lourds sur le bâti existant (extension conséquente, suppression de plancher,...) déjà définis précédemment.

L'application du référentiel vaut justification parasismique pour les éléments non structuraux.



Le renforcement volontaire

L'arrêté du 22 octobre 2010 laisse la possibilité à un maître d'ouvrage souhaitant renforcer son bâtiment de choisir le niveau de confortement qu'il souhaite atteindre.



Le guide « Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme » s'appuyant sur les dispositions relatives au renforcement volontaire défini dans l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et sur les dispositions de l'Eurocode 8 partie 3, règles de construction retenues par la réglementation (NF EN 1998-3 décembre 2005), a été publié en 2013. La rédaction du guide a été confiée à l'Association Française de Génie Parasismique (AFPS) et au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) par la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP). Ce guide n'a pas de statut réglementaire ni normatif. Il est destiné aux maîtres d'ouvrage qui s'engagent dans une démarche de renforcement et plus particulièrement aux bureaux d'études amenés à réaliser le diagnostic et à proposer une stratégie de renforcement.

TRAVAUX	Principe de base	Je souhaite améliorer le comportement de mon bâtiment	Je réalise des travaux lourds sur mon bâtiment	Je crée une extension avec joint de fractionnement
	L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.	L'Eurocode 8-3 permet au maître d'ouvrage de moduler l'objectif de confortement qu'il souhaite atteindre sur son bâtiment.	Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.	L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

Récapitulatif des exigences de la réglementation

A.2.C.e Le contrôle

Deux formes de contrôle extérieur de la réglementation parasismique sont possibles : le contrôle technique, obligatoire pour certains bâtiments, réalisé par des organismes agréés et le contrôle régalien du respect des règles de construction mené par les agents de l'État.

Le contrôle technique obligatoire

Le contrôleur technique a pour mission de contribuer à la prévention des différents aléas techniques susceptibles d'être rencontrés dans la réalisation des ouvrages.

L'article R. 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation liste les opérations de construction soumises au contrôle technique.

Le maître d'ouvrage fait appel à un contrôleur technique indépendant agréé.

Au cours de la phase de conception, le contrôleur technique procède à l'examen critique de l'ensemble des dispositions techniques du projet.

Pendant la période d'exécution des travaux, il s'assure notamment que les vérifications techniques qui incombent à chacun des constructeurs s'effectuent de manière satisfaisante. (Art R. 111-40 du Code de la Construction et de l'Habitation).



En pratique, la mission débute dès la conception, se poursuit pendant la construction et finit à la réception de l'ouvrage

Il est en outre prévu un dispositif d'attestations pour la « missions PS relative à la sécurité des personnes dans les constructions en cas de séisme », établies par le contrôleur à joindre à la **demande de permis de construire** ainsi qu'à la **déclaration attestant l'achèvement et la conformité des travaux** pour :

- les immeubles situés dans les zones de sismicité 4 et 5 (délimitées par le Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010) dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres par rapport au niveau du sol
- les bâtiments appartenant aux catégories d'importance III et IV et les établissements de santé situés dans les zones de sismicité 2, 3, 4 et 5 (délimitées par le Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010)

Le dossier joint à la demande de permis de construire dans les cas prévus aux alinéas 4 et 5 de l'article R 111-38 susvisé, doit comprendre un document établi par un contrôleur technique attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques (article R. 431-16d du Code de l'Urbanisme).

A l'issue de l'achèvement des travaux, le maître d'ouvrage doit fournir une nouvelle attestation stipulant qu'il a tenu compte des avis formulés par le contrôleur technique sur le respect des règles parasismiques (Art. R. 462-4 et A. 462-2 à 4 du Code de l'Urbanisme).

La vérification de la présence de ces pièces incombe à l'autorité délivrant l'autorisation d'urbanisme.

L'infraction aux règles de construction parasismique est susceptible d'entraîner la responsabilité du maître d'ouvrage et des différents acteurs de la construction.

Le contrôle régalien et les opérations ciblées de contrôle

La vérification du respect des règles de construction parasismique est délicate car elle nécessite un suivi attentif à toutes les étapes de l'opération (qualité des études préliminaires de conception, qualité de l'exécution sur le chantier).

Les services du ministère en charge de la construction effectuent des contrôles des règles parasismiques (tirage aléatoire + choix ciblés) dans le cadre des politiques régionales de contrôle des règles de construction (CRC).

L'administration peut exercer un droit de visite et de communication des documents techniques pendant les travaux et jusqu'à 3 ans après leur achèvement (Art. L. 151-1 du Code de la Construction)

Ces contrôles peuvent concerner les **logements collectifs**, les **maisons individuelles** ainsi que les bâtiments à usage non-résidentiel.

En cas de non-conformité, l'infraction fait l'objet de suites juridiques, par l'intermédiaire du procureur de la république à qui est envoyé systématiquement le procès-verbal. Les infractions constatées peuvent conduire à différents types de sanctions pénales, de l'amende à l'interdiction d'exercer, en passant par des astreintes.

La plaquette "Contrôle du respect des règles de construction : un outil au service de la qualité des bâtiments" est consultable et téléchargeable sur Internet. Elle a été éditée par la Direction Générale de l'Aménagement du Logement et de la Nature (DGALN) en avril 2009.

Vérifications contractuelles

Des **vérifications contractuelles** peuvent être réalisées à l'initiative du maître ouvrage, qui peut en particulier missionner un contrôleur technique au-delà des obligations réglementaires.

Les vérifications peuvent être prévues dans le cadre des **démarches qualité** (auto-contrôle, audit...) propres aux certifications ou aux procédures internes que peuvent avoir mis en place les différents acteurs de la construction.



A.3 La construction parasismique

Une construction parasismique est une construction capable de résister à un niveau d'agression sismique. Ce niveau d'agression est défini réglementairement pour chaque zone de sismicité (accélération à prendre en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage).

Pour ce niveau d'agression, un bâti courant peut alors subir des dommages même irréparables mais il ne doit pas s'effondrer sur ses occupants. En effet, plus de 90% des pertes en vies humaines sont dus à l'effondrement des constructions.

L'objectif des règles de construction parasismique est la sauvegarde des vies humaines.

Construire parasismique suppose de tenir compte du risque sismique à toutes les étapes de la construction (conception, exécution), puis de la vie du bâtiment. Le principe de la construction parasismique repose sur **cinq piliers indissociables**, chacun essentiel à la limitation des dommages en cas de tremblement de terre.

- **le choix du site :**

Les terrains situés au sommet des collines ou des pentes, les zones à la limite entre des sols rocheux et des sols mous sont à proscrire

- **la conception architecturale :**

L'implantation du bâtiment sur le site et le type d'architecture (forme, hauteur, élancement du bâtiment) doivent être étudiés pour favoriser un bon comportement du bâtiment vis-à-vis du séisme

- **le respect des règles parasismiques :**

Il constitue une nécessité. Pour la construction neuve, elles fixent les niveaux de protection requis par région et par type de bâtiment. Ces règles définissent également les modalités de calcul et de dimensionnement des différents organes de structure des constructions

- **la qualité de l'exécution :**

Elle concerne non seulement les matériaux et éléments non structuraux (couplages et joints), mais également le respect des règles de l'art. La protection contre le feu est un point important de la construction parasismique, tout comme l'entretien. Toute modification ultérieure de la construction devra être conçue selon les mêmes exigences qualitatives

- **la bonne maintenance des bâtiments :**

Elle permet de maintenir l'efficacité de la construction parasismique sur le long terme

Le non-respect de l'une de ces cinq démarches peut être à l'origine de l'effondrement du bâtiment lors d'un tremblement de terre.

A.3.A L'implantation

Le choix du site d'implantation d'un projet doit prendre en compte les effets induits des séismes au droit du site d'implantation: chute de blocs, glissement de terrain, affaissement d'une cavité, liquéfaction...

Les effets induits

Principes à respecter lors du choix du site : s'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables. Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques (PPR) sismiques de la commune.



Effets induits et Eurocode 8

« Une évaluation du site de la construction doit être effectuée pour déterminer la nature du terrain de fondation afin de s'assurer que les dangers potentiels de rupture, d'instabilité des pentes, de liquéfaction, et de forte susceptibilité à la densification soient minimisés en cas d'agression sismique.

Une vérification de la stabilité du sol doit être effectuée pour les structures qui doivent être érigées sur ou à proximité de pentes naturelles ou artificielles, afin d'assurer que la sécurité et/ou la fonctionnalité des structures sont préservées pour le séisme de calcul. »

Source : Eurocode 8-05 Paragraphe 4 – Prescriptions relatives au choix du site et aux sols de fondation

Choix du site d'implantation et PS-MI

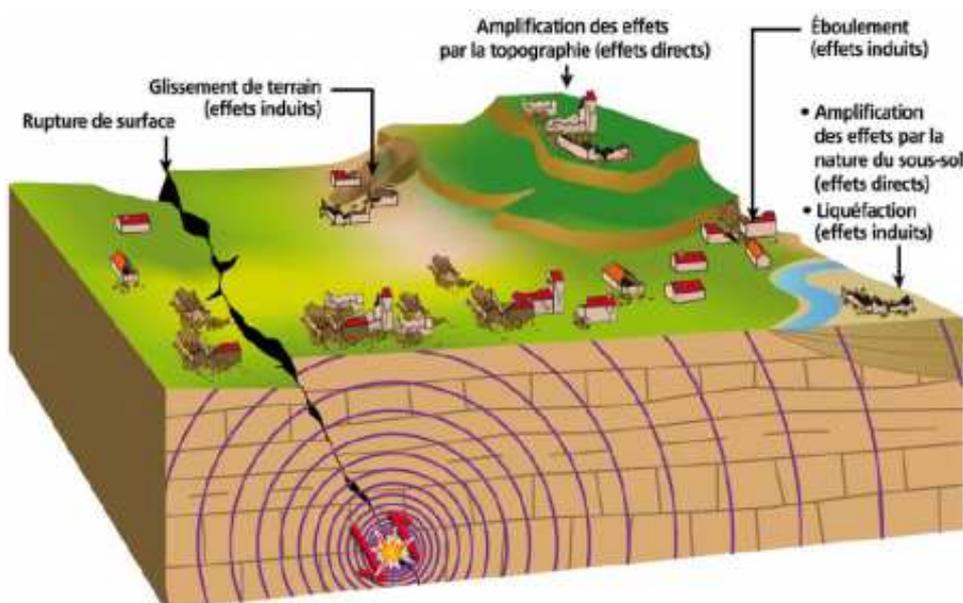
Sont exclues du domaine d'application des règles PS-MI les constructions fondées sur des sols mal consolidés et/ou de portance ultime inférieure à 250 kN/m² ou liquéfiables.

A défaut de connaissance de la résistance à la compression du sol, sont exclues les constructions fondées sur des sols tels que vases, tourbes, sables fins susceptibles d'être gorgés d'eau, alluvions non compactés et les constructions sur des terrains dont la pente naturelle ultime excède 10%.

L'application de ces règles suppose le respect des règles applicables aux bâtiments en situation normale.

Le document contient également des dispositions concernant la conception et des dispositions concernant l'exécution.

Source : PS-MIParagraphe 4 – Généralités



Modulations locales de l'aléa sismique

Source : « Le risque sismique en PACA »
©BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006



Une évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction, autre effet induit, doit être effectuée pour certaines catégories d'importance d'ouvrage⁹ dans les zones de sismicité 3 et 4 (arrêté du 22 octobre 2010).

Liquéfaction et Eurocode 8

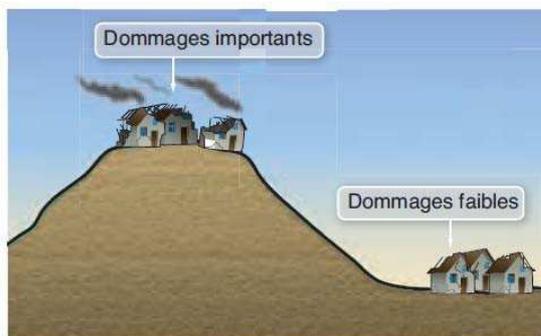
« Si des sols sont identifiés comme liquéfiables et si les effets qui en découlent sont jugés capables d'affecter la capacité portante ou la stabilité des fondations, la stabilité des fondations doit être assurée par exemple par une amélioration du sol et des fondations sur pieux (pour transmettre les charges à des couches non sensibles à la liquéfaction) »

Il convient que l'amélioration du sol pour éviter la liquéfaction se fasse soit par compactage du sol pour augmenter sa résistance à la pénétration au-delà des limites dangereuses, soit par l'utilisation d'un drainage pour diminuer l'accroissement de pression d'eau interstitielle produit par les secousses sismiques. »

Source : Eurocode 8-05 Paragraphe 4
Prescriptions relatives au choix du site et aux sols de fondation

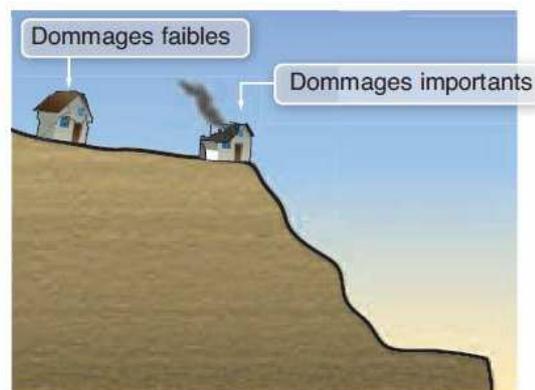
Si les sols sont identifiés comme liquéfiables (pour rappel, les règles PS-MI ne sont alors pas applicables), la stabilité des fondations doit être assurée (se reporter à l'Eurocode 8-5 : amélioration du sol, fondations sur pieux,...).

L'effet de site topographique



Effet topographique et choix du site d'implantation

Il faut éviter d'implanter le bâtiment en rebord de plateau et en sommet de butte afin de se préserver de l'amplification de l'accélération subi par le bâtiment en raison de l'effet de site topographique.



Effet topographique et choix du site d'implantation

A.3.B La conception

A.3.B.a Aléa sismique et conception

Lors de la construction d'un bâtiment neuf, le risque sismique doit être pris en compte dès la conception. Une collaboration étroite entre l'architecte et l'ingénieur structure est donc préférable dès les premières phases de la conception du projet.

Ceci permet d'éviter tout « bricolage » final, après conception de l'ouvrage par l'architecte, pour le dimensionnement parasismique de l'ouvrage.

Conception et Eurocode 8

« Dans les zones sismiques, l'aléa sismique doit être pris en compte aux premiers stades de la conception d'un bâtiment, ce qui permet ainsi de réaliser un système structural qui, pour un coût acceptable, respecte les exigences fondamentales spécifiées en 2.1 » (Exigence de non-effondrement, Exigence de limitation des dommages)

Source : Eurocode 8-01 Paragraphe 4 – Dimensionnement des bâtiments

⁹ Lorsqu'un dimensionnement parasismique pour le neuf ou un renforcement parasismique pour le bâtiment existant (travaux lourds) sont exigés

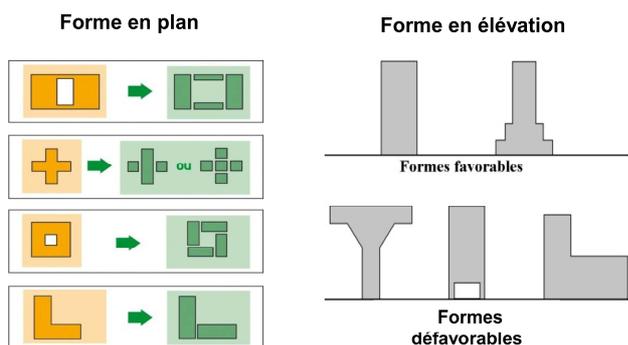


En effet, une conception parasismique¹⁰ permet d'éviter le phénomène de résonance du bâtiment avec le sol, l'apparition d'oscillations asynchrones, de torsions, l'effet de niveau « souple », l'effet de « poteau court » dommageable pour le bâtiment et ses occupants ou encore de tenir compte du principe « Poteau fort - poutre faible ».

A.3.B.b Principes de la conception parasismique

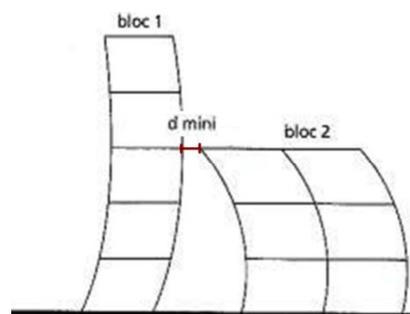
Les principes généraux de la conception parasismique :

- **Formes régulières** : pour offrir une meilleure résistance au séisme, la structure doit avoir, si possible, des formes régulières aussi bien en plan qu'en élévation, afin d'assurer une bonne répartition des sollicitations à travers la structure et de minimiser les effets de torsion



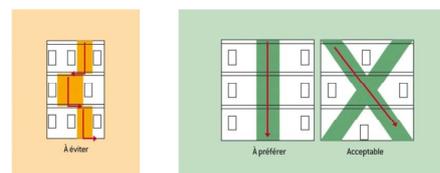
Préférer une forme simple, symétrique et régulière (la forme en plan et en élévation doit être la plus compacte possible)

- **Joints** : les joints entre deux structures adjacentes doivent assurer l'indépendance complète entre les blocs qu'ils délimitent. La largeur des joints doit être au moins égale à la somme entre les déplacements maximaux des deux structures à leurs parties supérieures

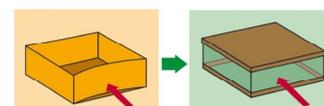


- **Homogénéité de la construction en terme de rigidité** : Le changement brutal des raideurs, créé par des étages souples, des poteaux courts (« poteaux raides »), par l'utilisation des matériaux de construction différents ou par le changement de la section des éléments structuraux, doit être évité, de façon à ne pas remettre en cause la stabilité de la structure
- **Contreventements¹¹** : les structures doivent comporter des contreventements dans les deux directions principales du bâtiment pour mieux reprendre les charges verticales et pour assurer une transmission directe des forces au niveau des fondations

Transit des efforts dans les voiles



Importance des diaphragmes



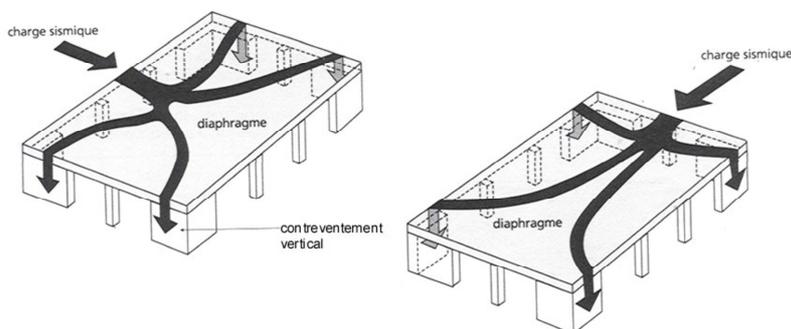
- **Préférer une distribution uniforme des masses** : Les contreventements assurent une stabilité horizontale et verticale de la structure lors des secousses. Ils doivent être dimensionné dès la naissance du projet. La distribution des éléments structuraux et des ouvertures doit être pensée vis-à-vis de la descente de charge sismique

¹⁰ Pour en savoir plus sur la conception parasismique, se reporter au document « Conception parasismique des bâtiments » Fiche A Septembre 2010 – Milan Zacek

¹¹ Agencement des pièces d'une construction destinées à en assurer la stabilité, à s'opposer à sa déformation ou à son renversement



- Concevoir les planchers et les toitures en tant que diaphragmes rigides



- **Chaînages** : un critère de base pour la résistance des structures aux séismes est d'assurer une bonne liaison entre les éléments structuraux, qu'il s'agisse de liaisons poutres-poteaux ou murs-planchers. Ces liaisons se font à l'aide des chaînages qui doivent être continus d'un élément à l'autre. Pour cela, il est impératif de respecter les longueurs de recouvrements entre les armatures et les distances entre les étriers

Principes de la conception et Eurocode 8

« Les principes qui guident la conception vis-à-vis de l'aléa sismique sont :

- la simplicité de la structure,
- l'uniformité, la symétrie et l'hyperstaticité,
- la résistance et la rigidité dans les deux directions,
- la résistance et la rigidité vis-à-vis de la torsion,
- l'action des diaphragmes au niveau des planchers,
- des fondations appropriées. »

Source : Eurocode 8-01 Paragraphe 4 – Dimensionnement des bâtiments

A.3.B.c La ductilité

Pour les bâtiments courants, privilégier le comportement ductile¹² des éléments et de la structure est un des principaux objectifs recherchés par les normes parasismiques et leurs dispositions constructives, c'est-à-dire conférer au bâtiment une grande capacité à se déformer ou s'étirer de manière irréversible (l'énergie sismique est dissipée par ses déformations).

Le respect des normes de construction parasismique dès la conception permet de réduire les coûts de façon notable. En effet, l'application de dispositions constructives concernant la ductilité (déformations plastiques dissipant l'énergie) permet par la plafonnement de la charge subie (accélération sismique) par le bâtiment en cas de fort séisme de diminuer les coûts de construction.

A.3.C L'exécution

Une conception adaptée et le respect des règles parasismiques ne peuvent garantir à assurer le non effondrement des constructions sans une mise en œuvre et une exécution soignées.

Règles à respecter pour une exécution de qualité :

Des matériaux de bonne qualité, favorisant la résistance des éléments constructifs aux tremblements de terre, ainsi que la dissipation de l'énergie communiquée lors des secousses.

Exécuter les travaux dans les règles de l'art, avec un soin tout particulier apporté aux assemblages et aux liaisons entre les divers éléments, principaux points faibles des structures. La dégradation de leur résistance et de leur rigidité conduit rapidement à la ruine de la construction.

Respecter les conditions de mise en œuvre des éléments non structuraux : ils doivent être conçus et installés de façon à ne subir aucun dommage lors des déformations de la structure à laquelle ils sont fixés.

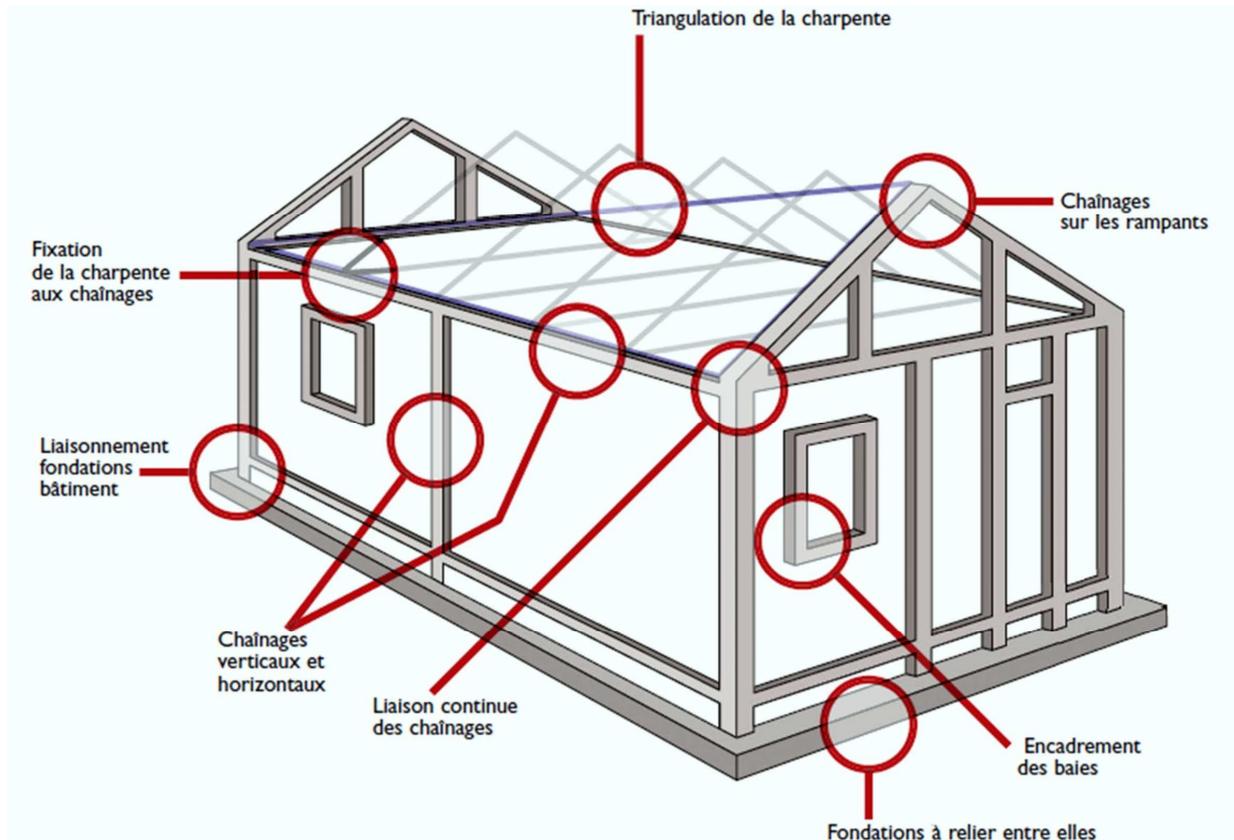
¹² Ductilité = aptitude des matériaux ou des structures à se déformer de façon irréversible sans arriver à la dislocation



Leur destruction est une cause trop fréquente de blessures de personnes et entraîne des coûts de réparation ou de remplacement non négligeables.

Prendre en compte les modifications ultérieures : les recommandations de l'Association Française de Génie Parasismique

précisent clairement « qu'il ne peut être procédé à des transformations de l'ouvrage, même non structurales, ou à des changements d'affectation et d'utilisation que si les conséquences en ont été étudiées et les inconvénients éventuels dûment palliés ».



Structure monolithique
Dispositions constructives (chaînages)
 © AGC / AFPS

Les grands principes de construction parasismique :

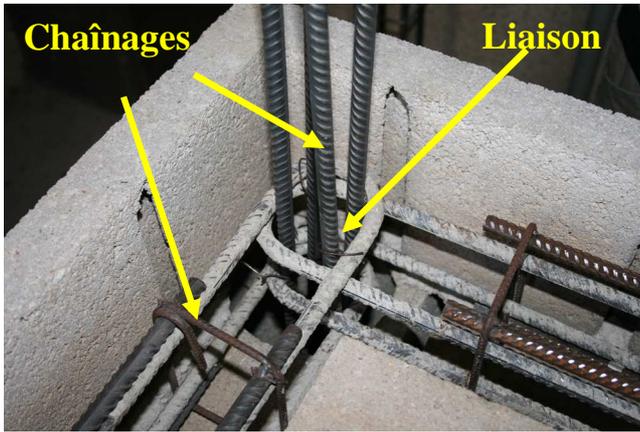
- fondations reliées entre elles
- liaisonnement fondations-bâiments-charpente
- chaînages verticaux et horizontaux avec liaison continue
- encadrement des ouvertures (portes, fenêtres)
- murs de refend
- panneaux rigides
- fixation de la charpente aux chaînages
- triangulation de la charpente
- chaînage sur les rampants
- toiture rigide

Continuité de la structure :

Tous les éléments de la structure ne doivent former qu'un seul bloc (tout en évitant les bâtiments de forme complexe en un seul bloc) afin garantir la résistance mécanique de la structure en cas de séisme. Ce principe de construction est appelé « monolithisme ».

Pour les bâtiments en maçonnerie, les fondations, les murs, le plafond, etc. doivent être reliés par des chaînages afin d'être solidaires entre eux et éviter ainsi la séparation des différents parties du bâtiments ou l'effondrement partiel voire global du bâtiment lors d'un séisme (malgré un détachement possible de divers éléments de la structure, le chaînage permet de garder la cohésion de l'édifice).





Exemple de continuité mécanique par chaînage
©le moniteur.fr



Exemple de continuité mécanique entre fondations et des fondations avec les chaînages verticaux
©Forumconstruire.com

Éléments non structuraux

La qualité de l'exécution concerne également les matériaux et éléments non structuraux. En cas de séisme, les éléments non structuraux peuvent en effet occasionner des blessures aux occupants ou gêner leur évacuation.

Equipements lourds et canalisations

Lors d'un séisme, il est très courant que les équipements lourds (armoires électriques, ballon d'eau chaude...) se renversent; ils peuvent alors, soit blesser directement les occupants des locaux, soit bloquer les issues, gênant alors l'évacuation du bâtiment

Il faut donc les fixer à la cloison par des systèmes adéquats (vis, boulons, chevilles)

Un séisme peut provoquer d'importants dysfonctionnements sur les différentes canalisations d'un bâtiment (eau, gaz,...) et même être à l'origine d'incendie ou d'explosion.

Les points à traiter en priorité sont les fixations ainsi que les liaisons avec les réseaux extérieurs.





Construire parasismique les règles à respecter

L'IMPLANTATION

• Etude géotechnique

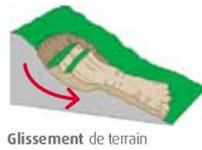


Extrait de carte géologique

- Effectuer une étude de sol pour connaître les caractéristiques du terrain.
- Caractériser les éventuelles amplifications du mouvement sismique.

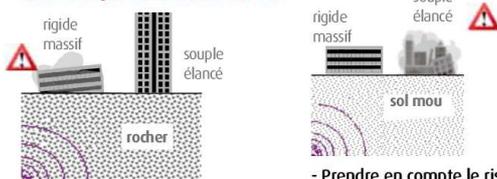
• Se protéger des risques d'éboulement et de glissement de terrain

- S'éloigner des bords de falaise, pieds de crête, pentes instables. Le cas échéant, consulter le plan de prévention des risques naturels (PPRN) sismiques de la commune.



Glissement de terrain

• Tenir compte de la nature du sol

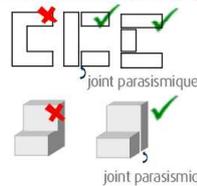


- Privilégier des configurations de bâtiments adaptées à la nature du sol.

- Prendre en compte le risque de liquéfaction du sol (perte de capacité portante).

LA CONCEPTION

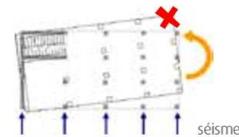
• Préférer les formes simples



- Privilégier la compacité du bâtiment.
- Limiter les décrochements en plan et en élévation.
- Fractionner le bâtiment en blocs homogènes par des joints parasismiques continus.

• Limiter les effets de torsion

- Distribuer les masses et les raideurs (murs, poteaux, voiles...) de façon équilibrée.



• Assurer la reprise des efforts sismiques



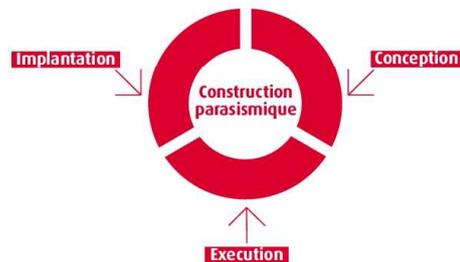
Superposition des ouvertures



Limitation des déformations : effet «boîte»

- Assurer le contreventement horizontal et vertical de la structure.
- Superposer les éléments de contreventement.
- Créer des diaphragmes rigides à tous les niveaux.

• Appliquer les règles de construction



L'EXECUTION

• Soigner la mise en oeuvre

- Respecter les dispositions constructives.
- Disposer d'une main d'œuvre qualifiée.
- Assurer un suivi rigoureux du chantier.
- Soigner particulièrement les éléments de connexion : assemblages, longueurs de recouvrement d'armatures...



Noeud de chaînage - Continuité mécanique



Mise en place d'un chaînage au niveau du rampant d'un bâtiment

• Utiliser des matériaux de qualité



maçonnerie



béton

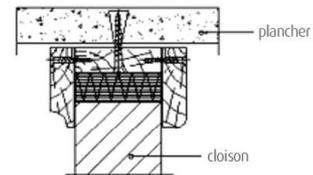


métal



bois

• Fixer les éléments non structuraux



- Fixer les cloisons, les plafonds suspendus, les luminaires, les équipements techniques lourds.
- Assurer une liaison efficace des cheminées, des éléments de bardage...



A.4 Responsabilité des acteurs

Le cadre législatif français définit les rôles et responsabilités des acteurs du territoire en matière de prévention du risque sismique, qu'ils soient services de l'État, collectivités territoriale, gestionnaires de réseaux, citoyens...

A.4.A Prérogatives de l'Etat, du maire et du citoyen

Chaque acteur du territoire a des responsabilités en matière de prévention du risque sismique. Ces responsabilités sont résumées dans les trois tableaux ci-dessous¹³.

Prérogatives du préfet

Connaissance	Aménagement	Information	Mitigation	Préparation
Collecte et conservation des données sur l'aléa et le risque sismique.	Plan de Prévention du Risque Sismique (PPRN-sismique). Contrôle de légalité des autorisations d'urbanisme. Contrôle des règles de construction parasismique.	Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM). Transmission des informations : état des risques.	Fonds de prévention des risques naturels majeurs. Commission départementale des risques naturels majeurs.	Plan d'organisation des secours et exercices de crise sismique. Scénarios départementaux du Risque Sismique (SDRS). Réseau d'alerte.

Prérogatives du maire

Connaissance	Aménagement	Information	Mitigation	Préparation
Études complémentaires notamment sur l'aléa local et la vulnérabilité au séisme des bâtiments communaux.	Plan Local d'Urbanisme (PLU). Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT). Autorisations d'urbanisme. Travaux. Droit de préemption urbain.	Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM). Réunions publiques. Affichage. Information des bailleurs et vendeurs. Certificat d'urbanisme.	Opération Programmée d'Amélioration de l'Habitat (OPAH). Travaux de réduction de la vulnérabilité au séisme. Politique foncière.	Affichage communal. Plan communal de sauvegarde et exercices de crise sismique.

Prérogatives du citoyen

Connaissance	Aménagement	Information	Mitigation	Préparation
Étude de sol à l'occasion d'un projet de construction ou de réhabilitation. Étude sur la vulnérabilité au séisme de ses biens.	Respect des règles nationales et locales en matière d'urbanisme et de construction parasismique.	État des risques lors de la vente ou de la location d'un bien. Éducation à la prévention du risque sismique. S'informer.	Travaux de mitigation*. Commission départementale des risques naturels majeurs.	Affichage immeuble. Plan particulier de mise en sûreté (PPMS) ou document unique. Plan familial de sauvegarde.

*dans la limite de 10% de la valeur vénale du bien dans le cadre de l'application de prescriptions d'un PPR

A.4.B Responsabilités plus généralement de tout risque majeur des professionnels de l'aménagement et de la construction

Les professionnels de l'aménagement et de la construction (Conseil d'Architecture, d'Urbanisme et de l'Environnement (CAUE), architectes, entrepreneurs, bureaux d'études, autres techniciens...) ont un rôle, une obligation professionnelle de conseil, d'information et de mise en garde vis-à-vis du maître d'ouvrage. En matière d'information, ils doivent à minima préciser aux maîtres d'ouvrage, le niveau de risque sismique auquel leur projet est exposé, et les obligations en matière de prévention de ce risque dans l'acte de construire ou d'aménager.

À leur niveau, ils doivent bien entendu respecter **les règles de l'art** et **les obligations réglementaires nationales et locales**. En ce sens, tout professionnel du bâtiment est susceptible de voir sa responsabilité civile engagée vis-à-vis des ayants droit en cas de non-respect de l'une des règles de construction, mais aussi sa responsabilité pénale.

En ce qui concerne les maîtres d'ouvrage, il est de leur responsabilité de connaître la loi et les réglementations qui en découlent mais aussi de s'assurer qu'ils s'entourent des compétences nécessaires et suffisantes pour mener à bien leur projet dans des conditions satisfaisantes, notamment du point de vue de la prévention du risque sismique.

¹³ Source : Les rôles des acteurs de la prévention des risques naturels, 2008, ministère en charge de l'écologie



Leur responsabilité peut donc être engagée au côté de celles des maîtres d'oeuvre en cas de contentieux ou de sinistres.

A.4.C Responsabilités des gestionnaires de réseaux et d'infrastructures prioritaires

Les articles L.732-1 et suivants du Code de la Sécurité Intérieure prévoient un certain nombre d'obligations en matière de sécurité civile visant à assurer la continuité du service pour les réseaux et les infrastructures en cas d'événements majeurs (séisme, inondation,...).

Ainsi, les exploitants d'un service, destiné au public, d'assainissement, de production ou de distribution d'eau pour la consommation humaine, d'électricité ou de gaz, ainsi que les opérateurs des réseaux de communications électroniques ouverts au public prévoient les mesures nécessaires au maintien de la satisfaction des besoins prioritaires de la population lors des situations de crise (Art. L. 732-1 du Code de la Sécurité Intérieure).

Les maîtres d'ouvrage et exploitants d'ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux ainsi que les exploitants de certaines catégories d'établissements recevant du public garantissent aux services de secours la disposition d'une capacité suffisante de communication radioélectrique à l'intérieur de ces ouvrages et établissements (Art. L. 732-3 du Code de la Sécurité Intérieur).



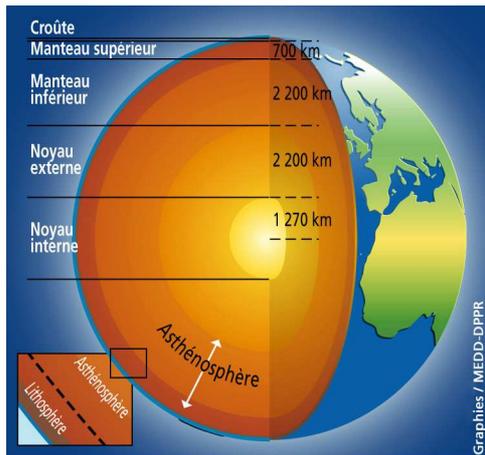
ANNEXE B
Dossier d'information sur le phénomène sismique pour
l'Information Préventive



B.1 Présentation du phénomène sismique

B.1.A Les plaques Tectoniques

La Terre est divisée en couches superposées qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité.

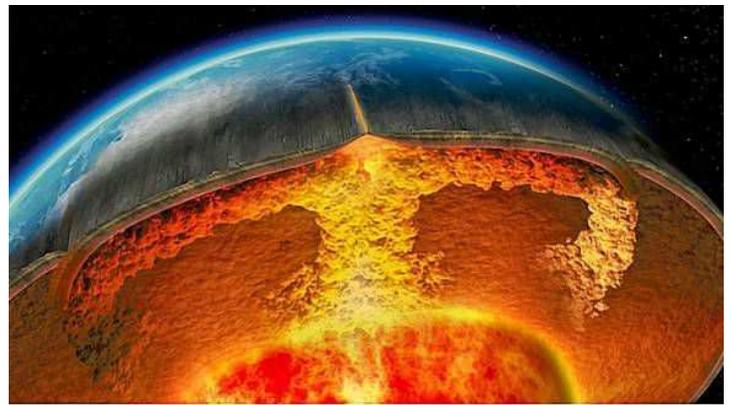


Structure interne de la Terre
© Observatoire-Regional-Risques-PACA

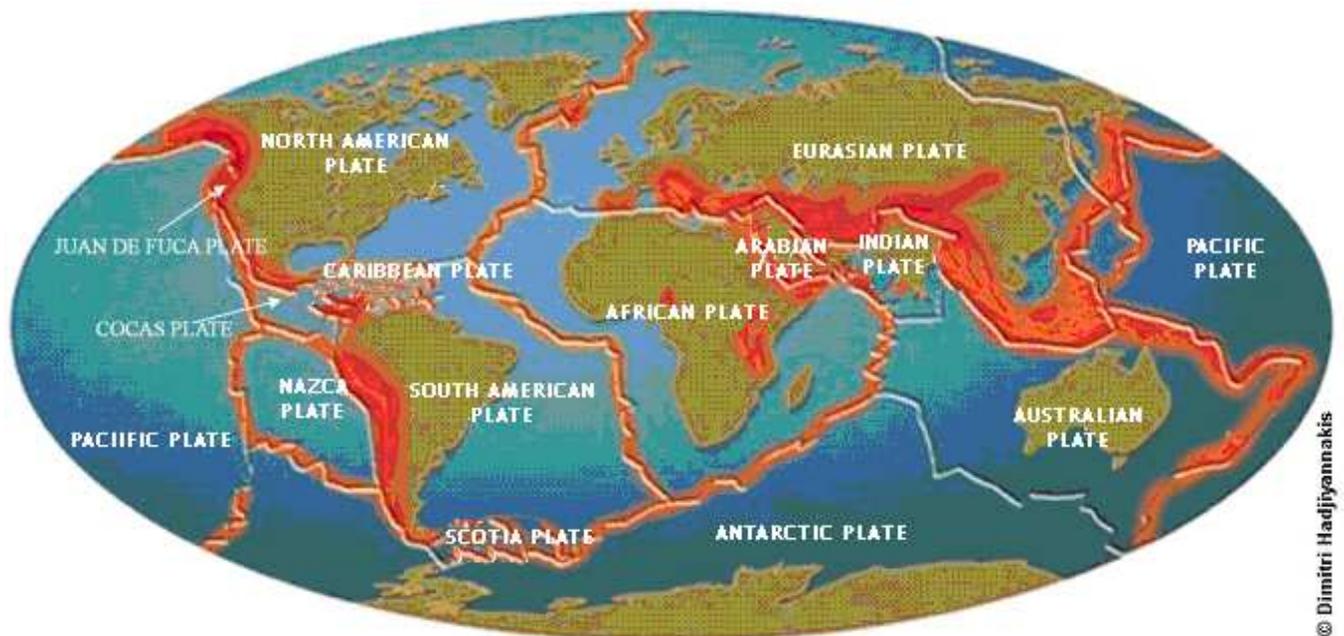
La lithosphère correspond au manteau supérieur solide et à la croûte terrestre. L'asthénosphère représente la partie plastique du manteau.

Dans le noyau, la désintégration radioactive de certains éléments chimiques produit un flux de chaleur à l'origine de cellules de convection.

Ces mouvements de convection du manteau induisent alors sur la lithosphère rigide des déformations. Ces dernières se traduisent par un découpage de la lithosphère en plaques rigides qui se déplacent les unes par rapport aux autres en « glissant » sur l'asthénosphère.



Cellule de convection
©National Geographic



La tectonique des plaques. La partie superficielle du globe est constituée d'une mosaïque de plaques lithosphériques qui « flottent » sur le magma et frottent les unes contre les autres.

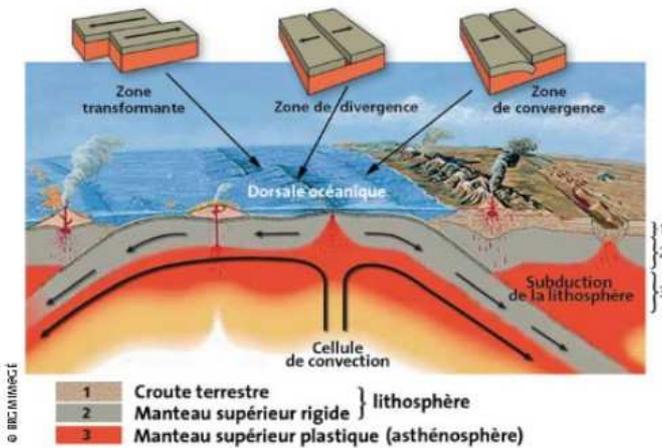
©CEA



Vitesse de déplacement des plaques

La vitesse relative de déplacement des plaques n'est pas homogène. Elle peut varier de 1,3 cm/an (divergence plaques Afrique et Antarctique) jusqu'à 18,3 cm/an (divergence plaques Nazca et Pacifique). Près de 90% des séismes se produisent au niveau des frontières de plaques.

La lithosphère est ainsi découpée en plaques plus ou moins importantes à la manière d'un puzzle.



Cellule de convection
© BRGM

Le glissement de ces plaques lithosphériques sur l'asthénosphère induit des mouvements de divergence, de convergence ou de coulissage horizontal.

Zone en divergence

Les plaques s'éloignent les unes des autres. La distension entre deux plaques provoque un amincissement de la croûte.

Les dorsales océaniques qui constituent des grandes chaînes de montagnes volcaniques sous-marines, se développent à la limite entre deux plaques lithosphériques divergentes et sont à l'origine de la création d'une nouvelle croûte océanique.

Il existe aussi des zones de divergence continentales (exemple du grand rift Est Africain). Si la distension se poursuit, elle aboutira à la séparation de celle-ci en deux parties et à la création d'un océan.



Rift Est Africain
©University of Rochester

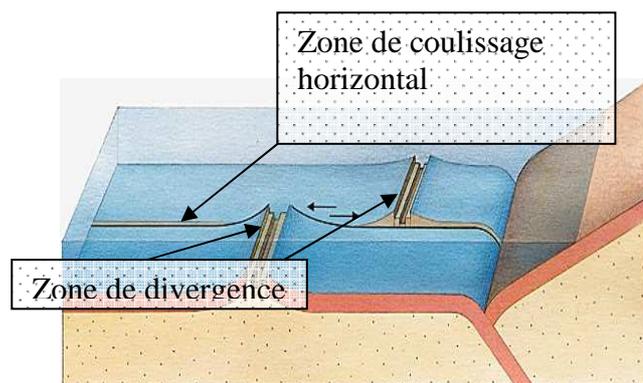
Zone en convergence

C'est le plongement d'une plaque sous une autre plaque, c'est-à-dire la subduction généralement de la plaque océanique (plus lourde) sous la plaque continentale (par exemple, subduction de la plaque pacifique sous la plaque eurasiennne).

Cette convergence peut ensuite évoluer en collision entre 2 plaques continentales. Il s'agit par exemple, de l'affrontement de la plaque indienne avec la plaque eurasiennne, à l'origine de la formation de la chaîne himalayenne.

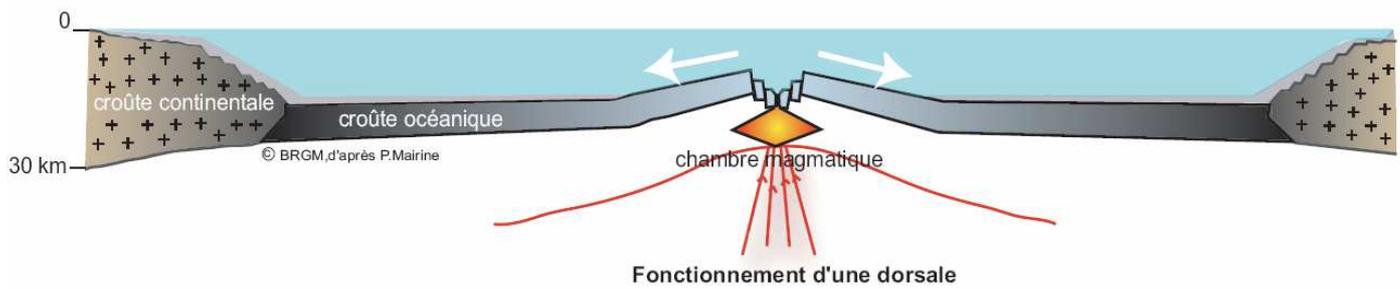
Zones de décrochement (zone de coulissage horizontal) :

Les plaques glissent horizontalement les unes contre les autres. Il s'agit par exemple du coulissement de la plaque nord américaine le long de la plaque pacifique, assuré par la faille de San Andréas en Californie.

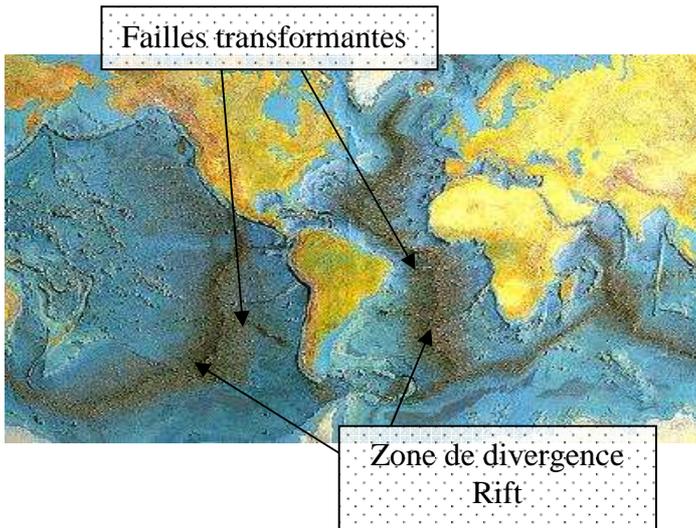


Faïlle transformante – Dorsale océanique
©Larousse





©BRGM



Des zones de coulissement horizontal se rencontrent également au niveau des dorsales océaniques (zone de divergence). Ces failles appelées failles transformantes recoupent les dorsales et sont parallèles au mouvement relatif de divergence des deux plaques. Ce phénomène s'explique par la non uniformité de vitesse de déplacement des plaques à la surface terrestre, il se forme alors des cassures le long de la dorsale (illustration ci-contre).

Ces différentes zones peuvent être le siège de failles qui localement ont une direction ou un sens différents du mouvement principal (convergent, divergent, coulissant).

B.1.B Qu'est qu'un séisme ?

Les séismes sont, avec le volcanisme, une des manifestations de la tectonique des plaques. Une fracturation brutale des roches en profondeur, après accumulation de contrainte, crée des failles dans le sous-sol et provoque l'apparition d'ondes sismiques pouvant se propager à travers les roches jusqu'à atteindre la surface terrestre. C'est le passage de ces ondes qui provoque les vibrations du sol qui sont ensuite transmises aux bâtiments.

Un séisme est caractérisé par :

- **Son foyer ou hypocentre:** région de la faille où se produit la rupture et d'où se propagent les ondes sismiques (source).
- **Son épicentre:** point situé à la surface terrestre à la verticale du foyer et où l'intensité est généralement la plus importante (en supposant une absence d'effets de site).

- **Sa magnitude:** unique pour un séisme donné, elle est fonction de l'énergie libérée par le séisme. L'échelle de Richter est régulièrement employée par les médias. Augmenter la magnitude d'un degré revient à multiplier l'énergie libérée par 30 environ.

Magnitude

Elle est estimée par exploitation des sismogrammes. À partir d'une magnitude 5, un séisme dont le foyer est peu profond peut causer des dégâts significatifs aux constructions, comme lors du séisme de Lorca (Espagne) du 11 mai 2011, de magnitude 5.1.

- **Son intensité:** elle mesure les effets et dommages du séisme en un lieu donné. Ce n'est pas une mesure objective, mais une appréciation de la manière dont le séisme est perçu par les personnes et se traduit en surface en terme de dommages.



On utilise habituellement l'échelle MSK¹⁴. Depuis janvier 2000, le Bureau Central Sismologique Français (BCSF) a adopté l'échelle européenne EMS 98 qui précise l'échelle MSK. L'intensité n'est pas, fonction uniquement du séisme, mais également du lieu où la mesure est prise.

En effet, les conditions topographiques¹⁵ (effet des reliefs) ou lithologiques locales (particulièrement des terrains sédimentaires reposant sur des roches plus dures) peuvent être à l'origine d'effets de site qui amplifient l'intensité d'un séisme. Sans effet de site, l'intensité d'un séisme est maximale à l'épicentre et décroît avec la distance.

Parallèlement aux effets sur les bâtiments, les effets « sismogéologiques » sont également pris en compte dans l'évaluation de l'intensité. Cependant, ces effets des tremblements de terre sur le sol (niveau de l'eau dans les puits, glissements de terrain, chutes de pierres, fissures,...) sont difficiles à utiliser dans la pratique de par leur complexité et du fait de l'influence d'autres facteurs parfois peu aisés à évaluer pour un observateur (stabilité intrinsèque des pentes, niveau de la nappe phréatique, fracturation des roches,...). Ces effets peuvent être toutefois observés dans un large intervalle d'intensité et sont particulièrement utiles à la définition de l'intensité dans les zones inhabitées.

La fréquence et la durée des vibrations : ces 2 paramètres ont une incidence fondamentale sur les effets en surface (effets de site).

B.1.C Les failles

Ce sont des cassures ou fractures de la lithosphère terrestre rigide accompagnées d'un déplacement latéral, vertical ou mixte des blocs séparés. Les foyers des séismes sont localisés le plus souvent dans les failles préexistantes (zones de moindre résistance).

¹⁴ L'échelle MSK comporte douze degrés. Le premier degré correspond à un séisme non perceptible, le douzième à un changement total du paysage.

¹⁵ Le mouvement sismique est amplifié au sommet d'une montagne (surface convexe) ou près du sommet d'une pente, et atténué au creux de canyons (surface concave).

A l'échelle régionale, la plupart des failles est constituée de différents plans élémentaires, appelés **segments**, aux relations étroites. Un séisme correspond à l'activation d'un ou de plusieurs de ces segments.

B.1.C.a Les différents types de failles

Suivant le type de mouvement relatif, on définit trois types de faille :

- faille inverse ou chevauchante (mouvement de compression)
- faille normale (mouvement d'extension)
- faille décrochante (coulissage horizontal)

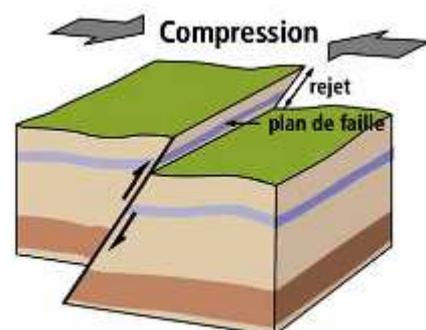
Faille préexistante et faille fraîche

« Si l'essentiel d'une rupture a lieu le long d'une faille préexistante, notons que chaque séisme crée grosso modo 1 à 10 % de faille fraîche. Il faut imaginer la croûte avec des fissures, des fractures à toutes les échelles du centimètre à la centaine de mètres. Au fil des ruptures et des milliers d'années, elles se connectent pour créer des réseaux de failles qui casseront à leur tour. »

Extrait d'un article du mensuel « La recherche » n°310 - 01/06/1998

Le mouvement de chaque compartiment est représenté sur les schémas ci-après. Ces mouvements peuvent donner lieu, en cas de magnitude significative à l'apparition de rejet en surface (Décalage des deux compartiments), vertical pour les failles normales et inverses (respectivement dû à des mouvements d'extension et de compression) et horizontal pour les failles décrochantes (coulissage).

La Faille inverse



Faille inverse
© BRGM



La faille inverse ou chevauchante provoque un rapprochement des blocs qui indique une tectonique en compression, comme dans les chaînes de montagne de subduction ou de collision.

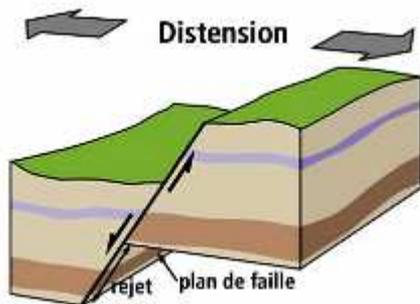


Rejet - Faille inverse

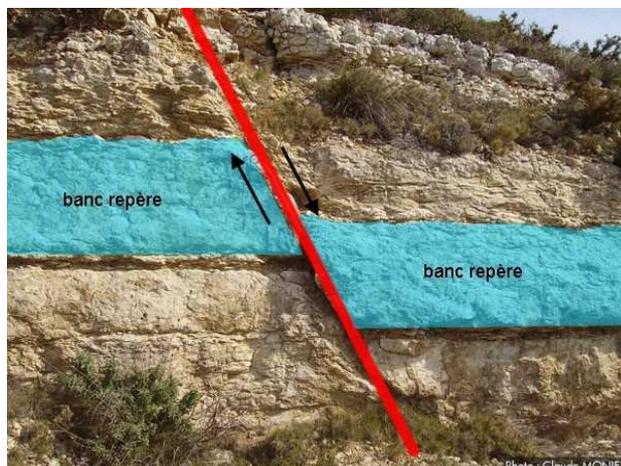
<http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr>

La faille normale

La faille normale correspond à un écartement des blocs, et par conséquent à une tectonique en distension comme on en trouve au niveau d'un rift (fossé d'effondrement) ou d'une dorsale océanique.



Faille normale
© BRGM

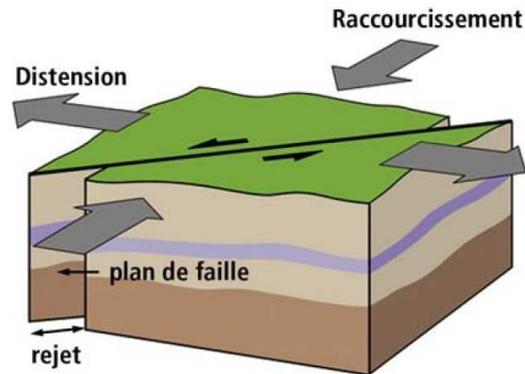


Rejet - Faille normale

<http://www.lithotheque.ac-aix-marseille.fr>

La faille décrochante

La faille décrochante produit quant à elle un coulissage horizontal.



Faille décrochante
© BRGM



Rejet - Faille décrochante
<http://www.utl-kreizbroleon.fr>

Il existe également des failles obliques, le mouvement est une combinaison d'une compression ou distension et d'un décrochement. On parle alors de mouvement décrochant compressif ou décrochant extensif.

Le cycle sismique :

Après une longue accumulation de contrainte sur une faille, le seuil de résistance est atteint, une rupture se produit (déclenchement du séisme).

Ce phénomène d'accumulation – libération d'énergie (rupture) se répète et constitue un cycle sismique. Ce cycle a été décrit pour la première fois par l'Américain H.F. Reid en 1912.





Dr. H.F. Reid - Alaska.
©USGS –
Photo réalisée par
Charles Will Wright,
1933

B.1.C.b Les failles actives

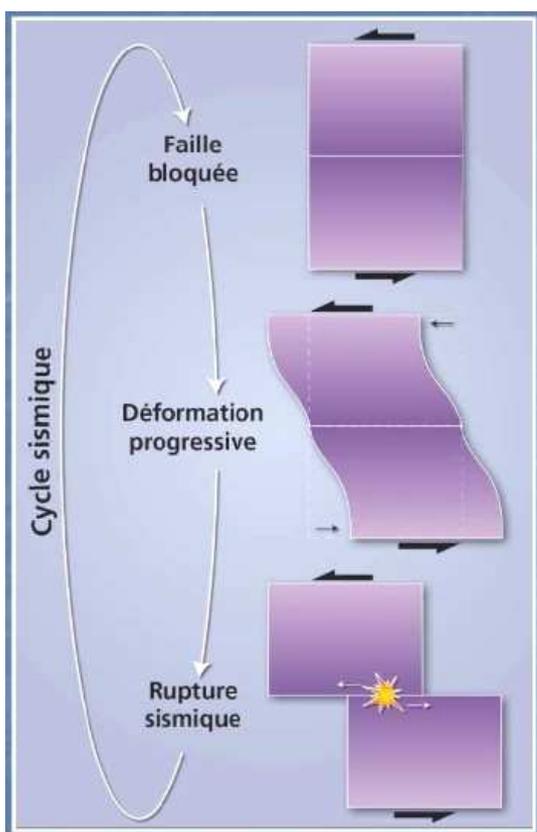
D'après le guide PPR sismique élaboré par les directions d'administration centrale en charge de l'écologie et de l'équipement en 2002 en cours de révision, une faille est déclarée active (par opposition aux failles dites inactives ou « mortes ») s'il y a, au regard des études existantes, présomption de déformation tectonique au Quaternaire récent et/ou activité sismique actuelle.

Faille active et Eurocode

« Les bâtiments de catégories d'importance II, III, IV définies dans l'EN 1998-1 :2004, 4.2.5 ne doivent pas être construits à proximité immédiate de failles tectoniques reconnues comme étant sismiquement actives dans les documents officiels publiés par les autorités nationales.

Pour la plupart des structures ne présentant pas de danger pour la sécurité publique, une absence de mouvement pendant le quaternaire récent peut être utilisée pour identifier les failles non actives. »

Extrait de l'Eurocode 8-05 Paragraphe 4-1-2
Proximité de failles sismiques actives



Extrait du Classeur sismique
©DIREN PACA - CETE Méditerranée



B.1.D Contexte régional et local

Dans la majorité des cas, les séismes se déclenchent en limite de plaques (appelés séismes interplaques) au niveau des failles. C'est au droit de ces contacts interplaques que les contraintes occasionnées par la tectonique des plaques sont les plus fortes.

Il existe également des séismes intraplaques¹⁶ pour lesquels les contraintes sont moins importantes.

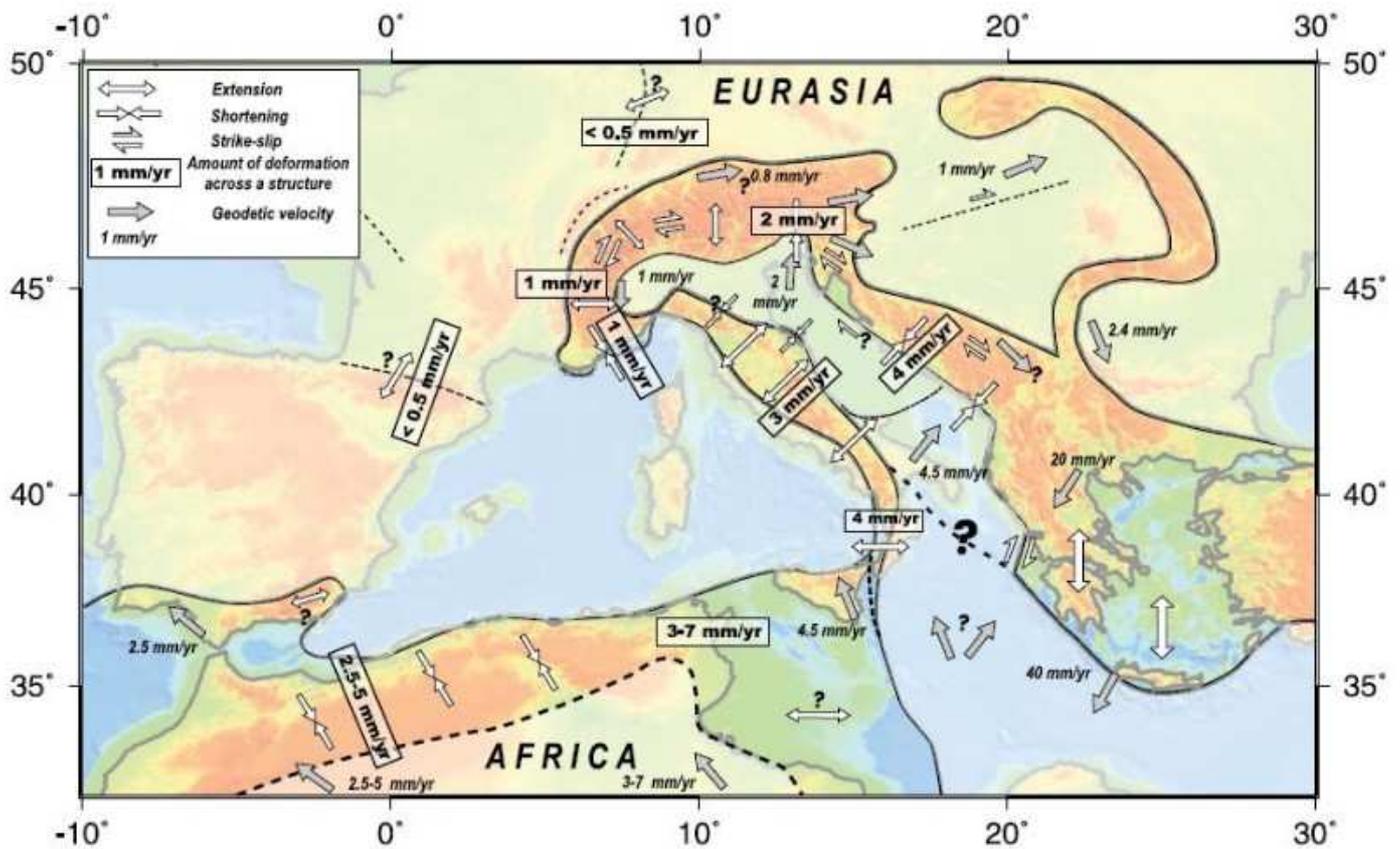
B.1.D.a Séismes interplaques et intraplaques

En France métropolitaine, les séismes sont principalement liés à la convergence des deux grandes plaques tectoniques Eurasie et Afrique.

En effet, l'affrontement entre ces deux grandes plaques induit une poussée de la microplaque Adriatique sur l'Ouest de l'Europe (dans le Sud-est de la France). La chaîne alpine est le résultat de cette collision continentale.

En France métropolitaine, on distingue des séismes de type interplaque (Provence en général, Vallée de la Durance, Pyrénées) moins importants en terme de magnitude que d'autres séismes dans le monde également localisés en limite de grandes plaques tectoniques (Pacifique, Océan Indien en particulier) et des séismes de type intraplaque (Massif central, Alsace, Nord,...)

Les Alpes, la Provence, les Pyrénées et l'Alsace sont des régions où l'aléa sismique est le plus fort en métropole. Dans ces régions assez montagneuses, outre les effets directs d'un séisme sur les constructions, les très nombreux mouvements de terrain potentiels peuvent aggraver le danger (effets induits ou indirects).



Synthèse cinématique en Europe- Méditerranée occidentale et centrale (d'après Nocquet, 2002)
©BRGM

¹⁶ Situés à l'intérieur des plaques

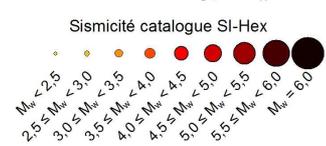
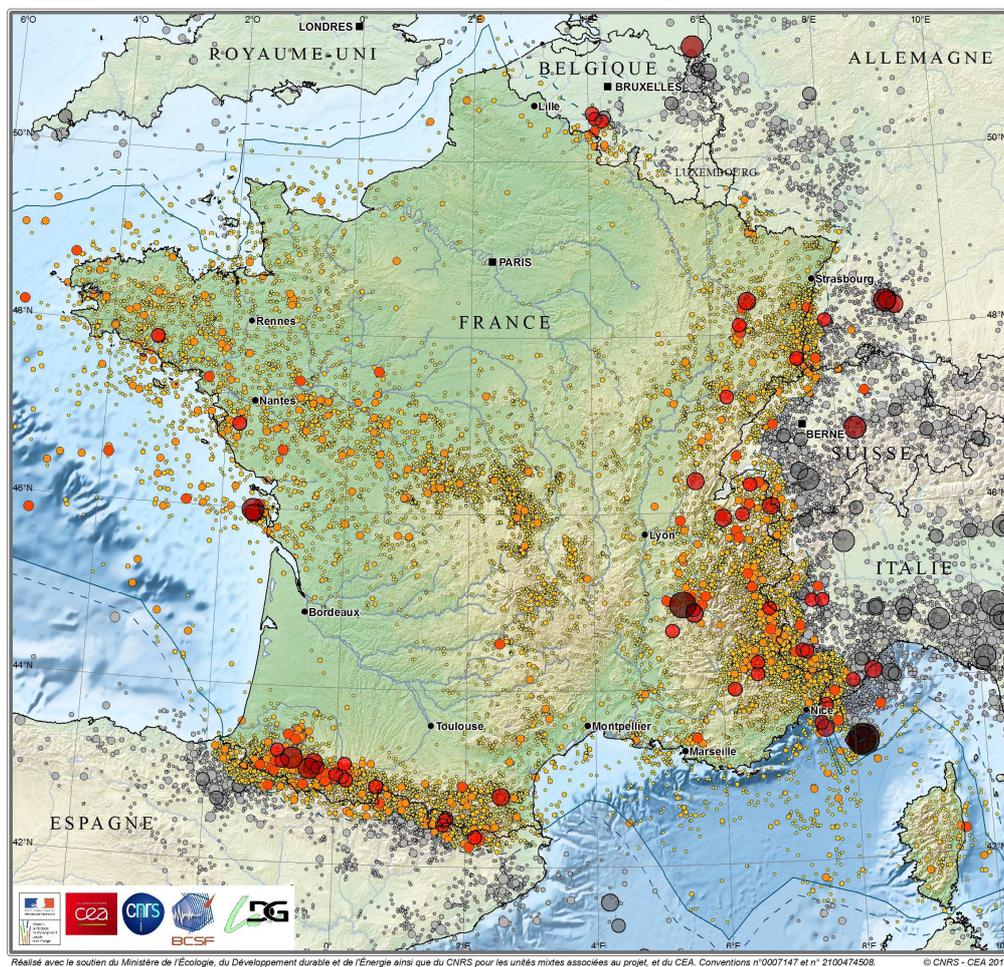


La métropole, est soumise à un aléa sismique modéré en comparaison de celui des Antilles par exemple mais qui peut s'avérer, en fonction de la vulnérabilité des constructions, dévastateur en terme de victimes ou de dégâts. Les conséquences peuvent être aggravées par la rareté du phénomène. En effet, le territoire national est présumé à tort par une majorité de la population comme étant peu sismique voire même asismique.

Ainsi, le seul séisme d'une magnitude supérieure à 6 ayant eu lieu en France métropolitaine au XX^{ème} siècle est celui dit de Lambesc (Bouches du Rhône), dans le secteur de la chaîne de la Trevaresse, le 11 juin 1909.

Or, selon l'inventaire de sismicité historique SisFrance (BRGM, EDF, IRSN, 2010), 632 séismes d'intensité supérieure ou égale à 4 (secousses modérées à destructions importantes) ont été recensés en France métropolitaine de 1800 à 2007. La grande majorité de ces séismes a une intensité comprise entre 5 et 6,5 dont deux tiers entre 5 et 5,5 (secousses fortes) et un cinquième entre 6 et 6,5 (dommages légers).

Sismicité Instrumentale de l'Hexagone 1962-2009



En couleur : épicentres des séismes d'origine naturelle dans la zone SI-Hex (France métropolitaine et zone économique exclusive en mer (ZEE), avec élargissement de 20 km), ainsi que les séismes ressentis en France avec une intensité EMS-98 ≥ IV (BCSF). En gris : épicentres des séismes hors zone pour lesquels une magnitude M_w a été calculée dans le cadre du projet SI-Hex.

Carte de sismicité de la France ©BCSF



B.1.D.b Les principales failles actives en PACA

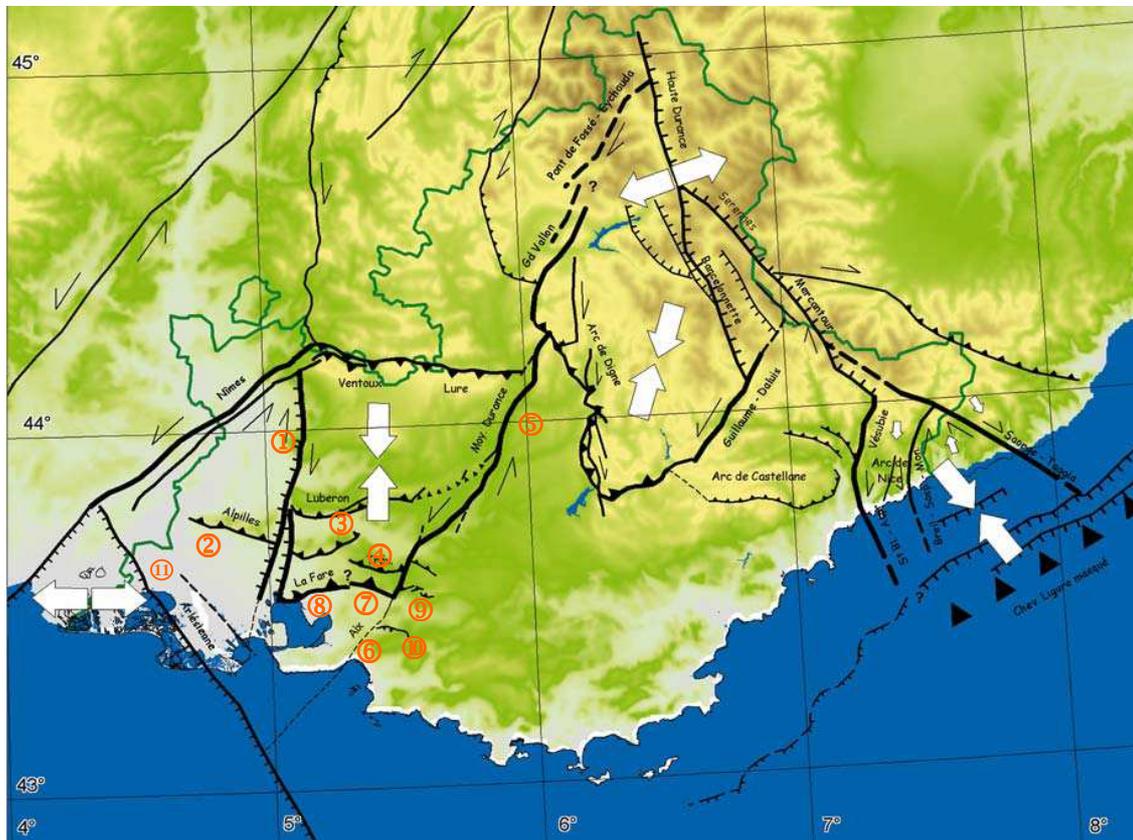
Les principales failles actives de la région sont :

- ① Système de failles de Salon-Cavaillon
- ② Faille des Alpilles
- ③ Faille des Costes
- ④ Faille de la Trévaresse
- ⑤ Faille de la Moyenne Durance
- ⑥ Faille d'Aix
- ⑦ Faille d'Eguilles

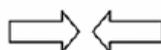
- ⑧ Faille de la Fare-Coudoux
- ⑨ Faille de la Sainte Victoire
- ⑩ Faille de l'Etoile
- ⑪ Faille Arlésienne ...

Au cours des 5 derniers siècles, plusieurs séismes ont fortement secoué la région PACA. Les données historiques montrent une concentration d'événements sismiques dans la partie alpine et subalpine de la région tandis qu'à l'Ouest, la répartition épacentrale des séismes est relativement plus diffuse.

Les événements sismiques décrits dans les archives historiques et d'intensité épacentrale (Io) au moins égale à VII en région PACA, sont reportés dans le tableau ci après.



Direction des forces principales



Contraintes compressives



Contraintes distensives

Déformation cassante des terrains (cassure au sein ou en limite de blocs)



Mouvement compressif

Faille inverse ou chevauchement. (triangles du côté du bloc chevauchant).



Mouvement distensif

Faille normale. (barbules du côté du bloc affaissé).

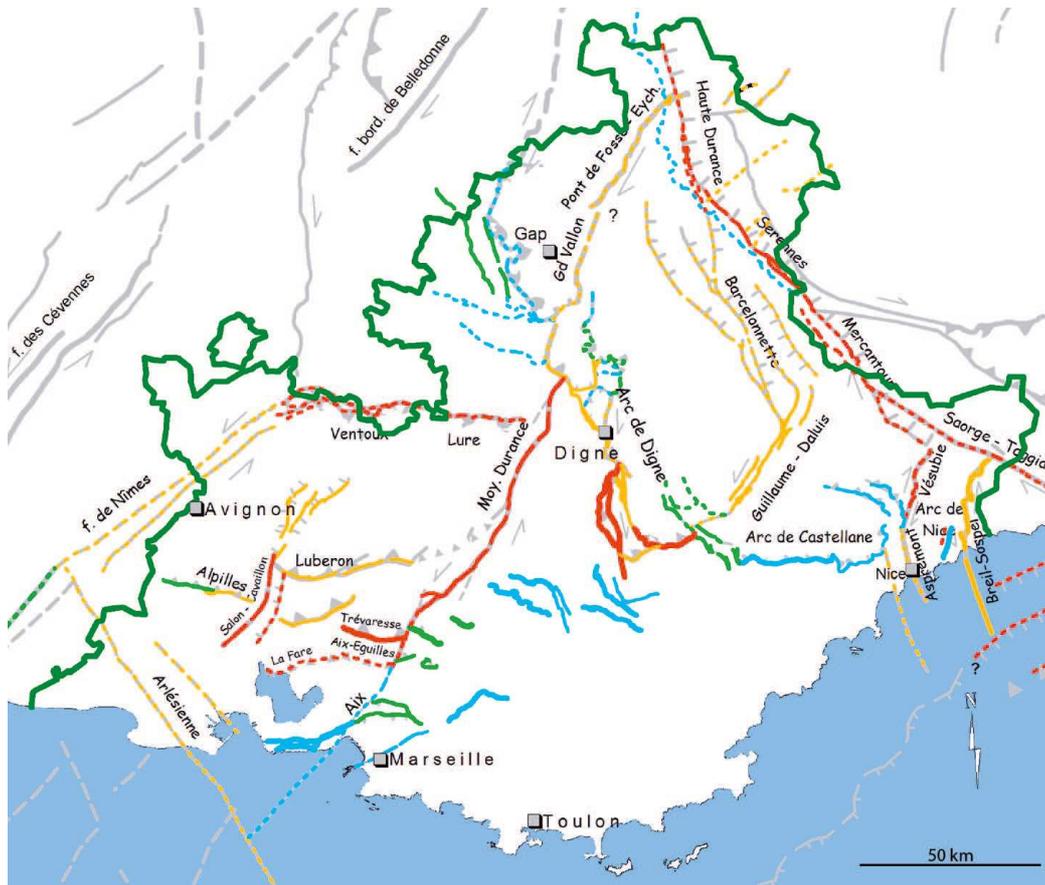


Mouvement coulissant

Faille décrochante. (les flèches indiquent la direction respective des blocs).

Source : « Le risque sismique en PACA » (BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006)





Classification des failles potentiellement actives de la région PACA		Niveau d'activité présumée			
		Élevé (3)	Moyen (2)	Faible (1)	Nul à Négligeable (0)
Niveau de connaissance	Bon (C)	3C	2C	1C	0C
	Moyen (B)	3B	2B	1B	0B
	Médiocre (A)	3A	2A	1A	0A

Classification des failles potentiellement actives de la région PACA (Terrier 2006, modifié).

Région	Hautes-Alpes	Alpes Maritimes Secteur de la Vésubie	Alpes Ligures et au large de la Côte d'Azur	Digne et Barcelonnette	Castellane	Moyenne Durance	Région de la Trévaresse et des Costes
Séismes historiques Io= intensité épicentrale	1884 (Io = VII)	1494 (Io = VIII)	1831 (Io = VIII)			1509 (Io = VIII)	
	1904 (Io = VII)	1564 (Io = VIII)	1854 (Io = VII-VIII)	1863 (Io = VII)		1678 (Io = VIII)	
	1935 (Io = VII)	1618 (Io=VIII),	1887 (Io = IX)	1866 (Io = VII-VIII)	1855 (Io = VIII).	1708 (Io = VII-VIII)	1909 (Io = VIII-IX).
	1959 (Io = VII-VIII)	1644 (Io = VIII).	1896 (Io = VII).			1812 (Io = VII-VIII) 1913 (Io = VII-VIII)	

Séismes historiques en région PACA – Intensité épicentrale



B.1.D.c Le séisme de Lambesc (1909)

Le soir du 11 juin 1909, à environ 21h15, s'est produit un fort séisme (d'une magnitude de 6.2 sur l'échelle de Richter) dans la région de Lambesc, à proximité d'Aix en Provence.

La faille de la Trévaresse (située à 20km au Nord-Ouest d'Aix-en-Provence) est très probablement à l'origine de ce séisme.

La rupture, superficielle, se serait initiée à environ 6km de profondeur. Ressenti jusqu'en Italie et en Espagne, il restera en France métropolitaine comme l'évènement sismique le plus destructeur du XX^{ème} siècle (46 morts, 250 blessés graves, des centaines de sans-abri et des dégâts matériels considérables).

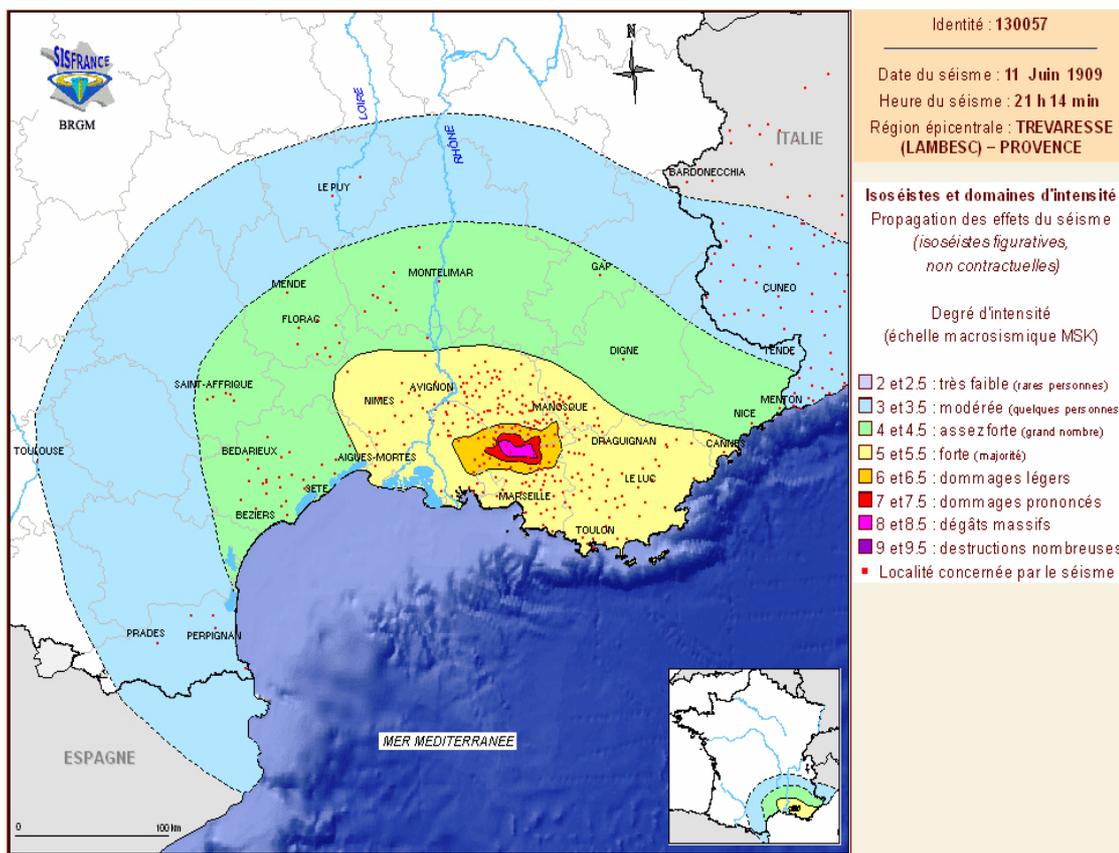
Le Petit Journal

Le Petit Journal SUPPLEMENT ILLUSTRE



LE TREMBLEMENT DE TERRE DU MIDI

Couverture du Petit Journal relatant le séisme de Lambesc du 11 juin 1909



Carte d'isoséiste (courbe d'égale intensité sismique) – Seime de Lambesc 1909

© BRGM, EDF, IRSN / Sisfrance



B.1.D.d Reconstitution et simulation du séisme de Lambesc (1909)

En 1982, une simulation a été réalisée à la demande de l'Etat afin de connaître les effets d'un même séisme (magnitude, lieu,...) à la date de l'étude (1982), tant sur le plan humain que sur le plan matériel et économique.

Entre 1909 et 1982, les communes impactées par le séisme de Lambesc se sont étendues, les populations ont changé de même que leurs comportements, la qualité des bâtiments a évolué, des industries nouvelles se sont installées.

De plus, dans le secteur d'études qui représente une superficie de 700 km², la population était de l'ordre de 95 000 habitants en 1982 contre 37 000 en 1909.

Si le 11 juin 1909, les provençaux prenaient le frais en dehors des maisons, en juin 1982, ils regardaient majoritairement la télévision. Le nombre de personnes à l'intérieur des maisons a été estimé à 80% pour l'année 1982.

En conséquence, alors que la population a été multipliée par 2.9 entre 1909 et 1982, le bilan (tableau ci-après) fait état d'une multiplication par 10 à 20 du nombre de victimes.

Simulation 1982 (estimation)	Séisme de 1909
Victimes	
400 à 970 morts 1 850 à 5 650 blessés	46 morts 250 blessés
Dommages aux habitations	
(25 420 bâtiments sur la zone étudiée) 450 entièrement détruits 21 850 endommagés 315 intacts	Plusieurs milliers de logements détruits ou endommagés gravement (dont 1 500 à Aix-en Provence) Village de Lambesc entièrement détruit
Coûts directs (reconstruction ou réparation) Le coût des victimes n'a pas été pris en compte	
Habitations: 2 750 MF Autres bâtiments: 1 600 MF Equipements et infrastructures: 130 MF Mobilier: 130 MF Total: 4 660 MF	1 500 à 2 250 MF (estimation : valeur 1982) MF millions de francs (en francs 1982)
Coûts indirects (incidence sur l'activité économique) Le coût des victimes n'a pas été pris en compte	
Perte de production: 400 à 500 MF Mise hors service de certains grands ouvrages: 50 à 60 MF	Estimation précise impossible (données insuffisantes)

**Source : Le risque sismique
Délégation aux risques Majeurs, Ministère de l'environnement, 1982**

Ces chiffres (tableau) mis en perspective avec le budget de 815 MF de la Région PACA en 1983 par exemple ou du coût moyen de construction d'une autoroute de 10 km d'environ 190 MF (1983), donnent une idée de l'impact économique qu'aurait aujourd'hui un séisme comparable au séisme de 1909.

Enfin, le bilan en termes dommages et de victimes pourrait être encore plus dramatique aujourd'hui en 2015 compte tenu de l'évolution des comportements et du développement de l'urbanisation.



LE SEISME DE LAMBESC EN REGION PACA

11 juin 1909

Séisme Grande peur en Provence

Partout la secousse a été accompagnée d'un grondement sourd semblable à un roulement de tonnerre plus ou moins lointain (onde P). Ces bruits ont également été entendus dans d'autres localités parfois très éloignées : Barrême (04), La Turbie (06), Joyeuse (07), Orgeix (09), Vinassan (11), Millau (12), Hyères (83), Orange (84)...

Dans les bassins du port de Toulon, plusieurs navires ont été violemment secoués et ont failli être couchés sur le quai !

À la même date, la terre tremble en Italie et en Espagne, marquant encore plus la population.

* Au moment où nous éclairons une cigarette (c'était 9h18) notre main se met à trembler, impossible de faire joindre l'allumette et le tabac, notre corps entier suit le même mouvement et puis tout d'un coup un grondement sourd s'approchant en roulement de centaines de tambours, des craquements sinistres, une secousse brutale dans un sens que suit une autre non moins vive dans un autre sens, la sarabande des verres et des tables... la cessation subite de l'éclairage électrique et des cris... *

Eugène CAIRE (Pélissanne)

La-Roque-d'Anthéron
110 familles sont sans abri.

Le Puy-Ste-Réparate
2 morts, 5 blessés.

Venelles
3 blessés graves.

Rognes
14 morts, 10 blessés graves, 250 maisons endommagées.

St-Cannat
10 morts, 8 blessés, 310 maisons endommagées dont 50 à raser !

Lambesc
14 morts, 12 blessés, 50 constructions détruites, 600 endommagées.

Pélissanne
4 morts, 4 blessés.

Salon-de-Provence
Plus de 2000 maisons à reconstruire.

Vernègues
2 morts, 4 blessés, une grande partie de l'agglomération est très fortement endommagée.

*Certaines victimes ont été tuées chez elles, d'autres dans la rue, par une seule pierre!
Lors d'un séisme, respecter les consignes peut sauver la vie!*



B.1.E Les effets d'un séisme

On distingue deux types d'effets liés aux séismes :

- les effets directs, dus aux mouvements vibratoires du sol, qui peuvent être modifiés localement par des effets de site (lithologiques et topographiques)
- les effets indirects ou induits, liés à des ruptures permanentes du sol, tels que glissements de terrain, chutes de blocs, affaissements/effondrements, liquéfactions des sols, tsunamis ...

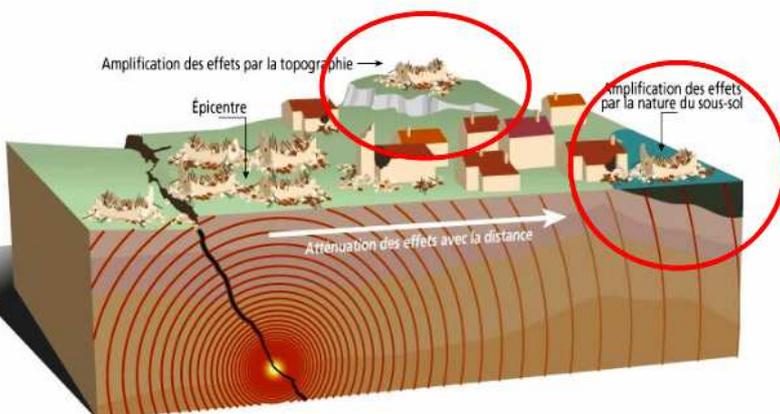
De plus, dans le cas de séisme de magnitude élevée, la faille peut se prolonger jusqu'à la surface et provoquer des décalages de terrain de part et d'autre de cette dernière.

B.1.E.a Les effets de site

Les effets de site directs sont causés par les caractéristiques locales du site (topographie, lithologie) et se traduisent fréquemment par une amplification du mouvement sismique¹⁷ (plus rarement une atténuation) et une augmentation de sa durée.

Ces effets de site qui modulent la sévérité des secousses sismiques et en conséquence le mouvement du sol de référence à retenir pour le dimensionnement du projet, doivent être pris en compte dans la phase de conception de la structure (bâtiment, pont,...).

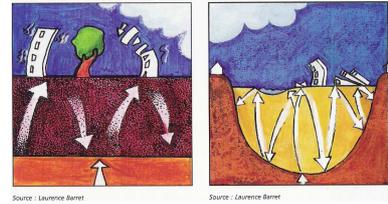
On distingue les effets de site liés à la nature du sol (lithologiques ou géologiques) et les effets de site liés à la topographie.



Les effets de site lithologiques

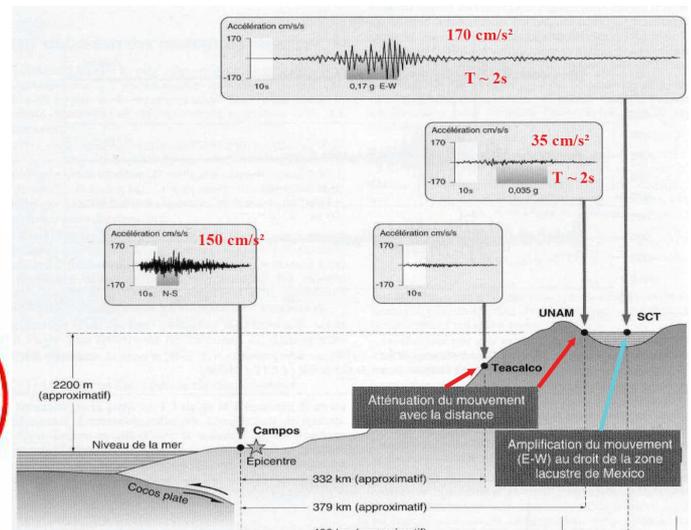
Les effets de site sont des phénomènes physiques qui préoccupent de plus en plus les responsables de la gestion parasismique.

Extrait du Guide méthodologique des Plans de Prévention des risques naturels – Risques sismiques.



L'observation post-sismique a montré en effet que les conditions de sols en sub-surface (dans les 100 premiers mètres de la croûte terrestre en général) pouvaient augmenter l'agressivité d'un séisme.

L'effet de site lithologique (ou géologique) se manifeste le plus souvent sur un remplissage sédimentaire ou anthropique, meuble, surmontant un substratum rigide. Les ondes sismiques peuvent être piégées dans ces couches meubles. Cela conduit à l'allongement de la durée du mouvement sismique et à un véritable phénomène de résonance, c'est à dire à une amplification du signal en surface. Cette amplification se fera principalement à une fréquence fondamentale f_0 , liée aux caractéristiques physiques de la couverture sédimentaire.



Evolution de l'accélération en fonction de la distance à l'épicentre - Séisme de Mexico 1985

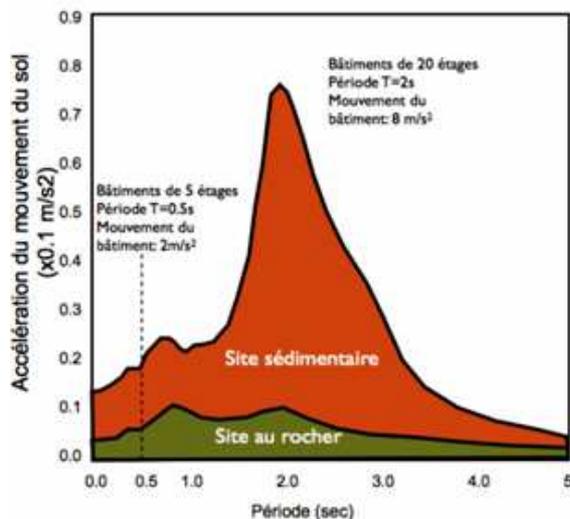
Source : Pierre Mouroux

¹⁷ Piégeage et interférences constructives des ondes sismiques



Le centre ville de Mexico se situe dans un ancien lac salé au-dessus d'un bassin sédimentaire. Ces couches de terrain meuble superficielle surmontant un substratum rocheux ont eu pour conséquence, lors du séisme survenu en 1985 (magnitude de 8.2), une amplification des secousses alors que le centre de Mexico se trouvait à plus de 300 kilomètres de l'épicentre. Comme on peut le remarquer sur le schéma ci-dessus des points plus proches de l'épicentre (commune de Tealcalco ou l'épicentre lui-même) ont été soumis à des accélérations sismiques bien moindres que celles subies par le centre de Mexico mettant en évidence l'effet de site lithologique.

On remarque également sur le graphique ci-dessous que le phénomène de résonance (amplification du signal) est maximal autour d'une fréquence proche de 0.5 Hz. Les bâtiments possédant une fréquence propre autour de la fréquence de 0.5 Hz (immeubles d'une vingtaine d'étages) entrèrent en résonance et furent parmi les plus touchés. Par contre, dans les mêmes quartiers, les anciennes maisons coloniales de 2 ou 3 étages¹⁸ possédant des fréquences propres éloignées de la fréquence de résonance (0.5 Hz) n'ont été que très peu endommagées, pourtant construites sans principe parasismique.



Amplification du mouvement du sol au niveau du site sédimentaire (centre de Mexico) et du site au rocher lors du séisme de Mexico (1985)

©Institut des Sciences de la Terre – Grenoble

¹⁸ La fréquence propre d'un bâtiment croit avec le nombre d'étage. Formule très simplifiée de la fréquence propre d'un bâtiment: $F=10/\text{nombre d'étages}$ (en Hz).

Les effets de site topographiques

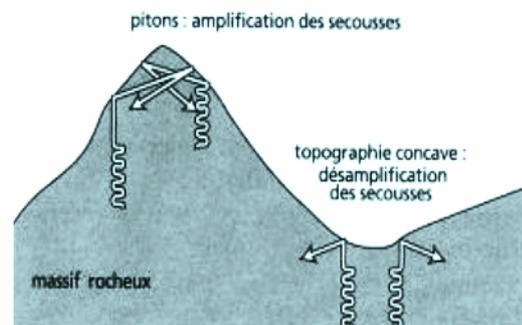
La forme du relief peut accroître les effets dévastateurs d'un séisme notamment par l'amplification des vibrations.



Source : Laurence Barret

Les effets de site topographiques se traduisent ainsi par des amplifications pouvant être importantes au sommet des buttes, sur les crêtes allongées, les rebords de plateaux ou de falaises.

La bande de fréquence où l'amplification est maximale correspond à des longueurs d'onde comparables aux dimensions horizontales du relief. Les effets topographiques deviennent négligeables si la longueur d'onde est très grande devant celles-ci.



En l'absence d'effet de site lithologique, les secousses sismiques peuvent être « désamplifiées » et les dégâts occasionnés atténués (topographie concave).



Communes de Rognes - seime Lambesc 1919
Droits réservés - © 1909



L'effet topographique est l'hypothèse avancée pour expliquer l'amplification des dommages observée lors du séisme de 1909 au niveau des reliefs marqués de la commune de Rognes.

En effet, on peut remarquer sur la carte postale d'époque ci-dessus que la quasi-totalité des constructions situées au niveau des flancs de la colline (colline du Foussa) a été détruite alors qu'en contrebas, au pied du relief, les bâtiments subissent beaucoup moins de dommages (14 morts et 10 blessés graves ont été dénombrés sur la commune de Rognes).

D'autres communes du département situées dans un contexte topographique similaire ont subi des dégâts comparables.

B.1.E.b Les effets induits

La vibration sismique peut entraîner localement des effets supplémentaires appelés effets induits tels que

- la liquéfaction
- les mouvements de terrain
- le rejet de faille
- les tsunamis

La liquéfaction

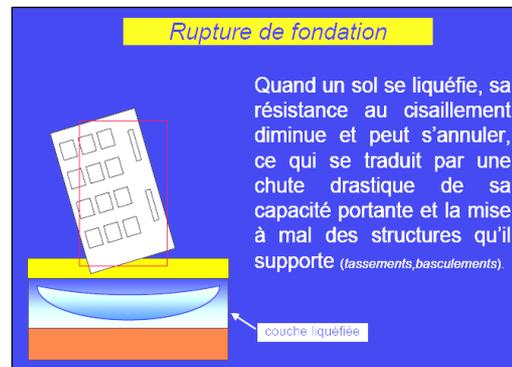
Sous certaines conditions de sollicitations dynamiques (notamment une accélération sismique suffisamment importante), certains sols peu compacts (milieux granulaires : sables, limons et vases,...) saturés en eau peuvent perdre toute portance (illustration - Séisme de Caracas). La présence de nappes souterraines à proximité ou dans ces sols est un facteur aggravant. L'eau contenue dans les sédiments va alors être expulsée formant de petits cônes caractéristiques appelés volcans de boue ou volcans de sable.



Volcans de boue
©USGS, BRGM

Le sol va se comporter comme un « liquide » (par réarrangement des grains qui provoque une diminution de l'indice des vides) et ne pourra plus supporter les charges auxquels il est soumis.

Cette déconsolidation brutale du matériau qui se traduit par la déstructuration du sol caractérise le phénomène de liquéfaction.



J.F.Serratrice,
© CETE Méd., 2004

Les constructions reposant sur des sols soumis à ce phénomène de tassement rapide des sédiments vont être particulièrement instables (basculement, enfoncement des constructions dans le sol, ruine partielle ou totale des constructions, voire la perte de vies humaines).



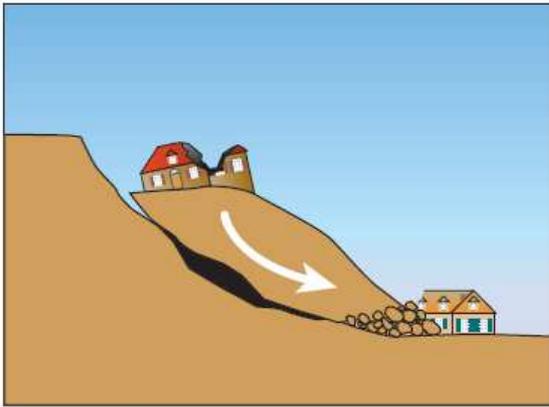
Séisme de Caracas (Venezuela) 1967
© USGS

Les mouvements de terrain

Un mouvement de terrain est un déplacement gravitaire plus ou moins brutal de masses de terrain déstabilisées sous l'effet de sollicitations naturelles ou artificielles.

Un versant stable en situation statique peut se trouver en déséquilibre sous sollicitation dynamique (séisme).

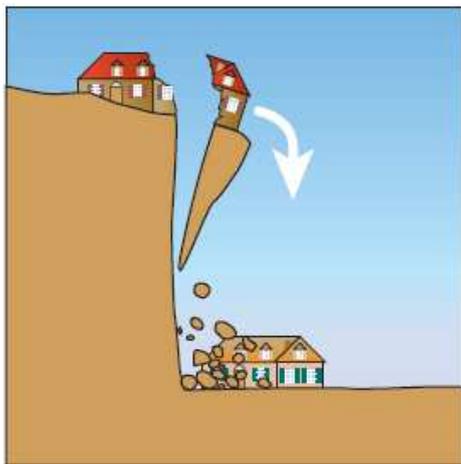




Glissement

Source : « Le risque sismique en PACA »

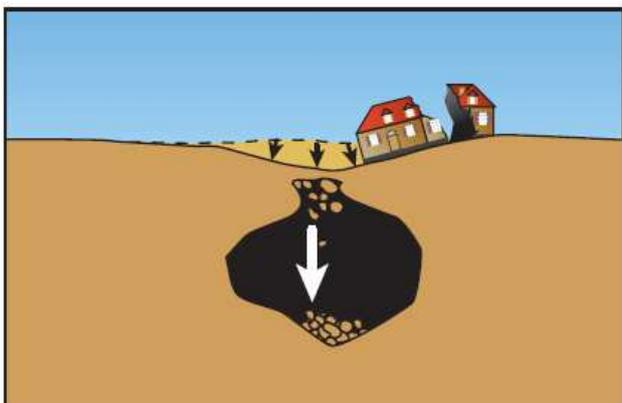
©BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006



Chute de blocs

Source : « Le risque sismique en PACA »

©BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006



Eboulement de cavité

Source : « Le risque sismique en PACA »

©BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006

Les secousses sismiques peuvent être un élément déclencheur de ces mouvements gravitaires par modification de l'équilibre géologique (chutes de blocs, glissements de terrain, tassements ou effondrements de cavités...).

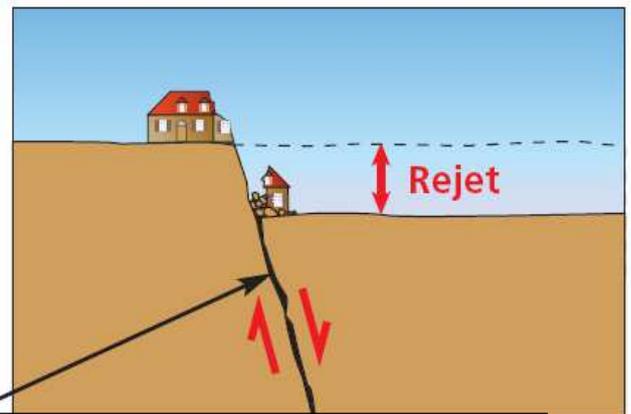
Outre leur facteur déclenchant, les vibrations sont de nature à augmenter la vitesse et la zone de propagation des mouvements de terrain.

Le rejet de faille

Dans certains cas, la rupture du plan de faille se propage jusqu'à la surface du sol, entraînant un décalage des terrains le long de la faille de quelques centimètres à plusieurs mètres appelée « rejet ». Cette propagation jusqu'à la surface du sol de la rupture du plan de faille dépend de la profondeur initiale du foyer sismique (endroit du plan de faille où a débuté la rupture) et de la magnitude du séisme (quantité d'énergie dissipée).

Une faille active débouchant en surface peut provoquer :

- un déplacement le long de la ligne de rupture (rejet horizontal ou vertical)
- une majoration des actions sismiques localement (zone de quelques centaines de mètres de part et d'autre de la ligne de rupture)



Propagation de la rupture du plan de faille jusqu'à la surface du sol (rejet vertical)

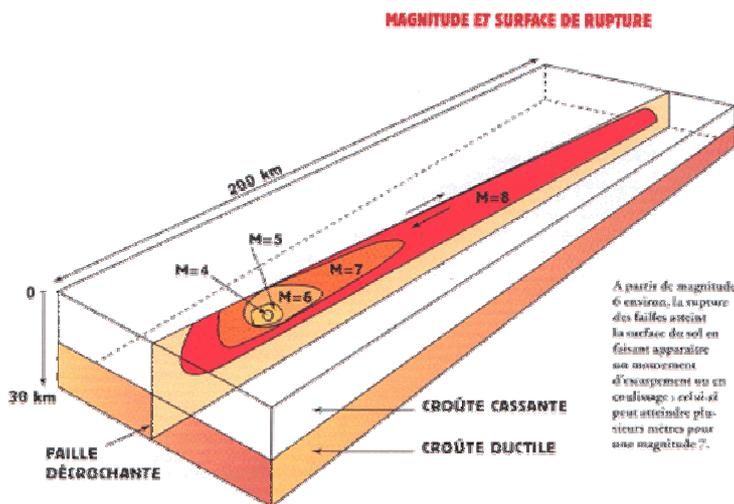
Rejet en surface

Source : « Le risque sismique en PACA »

©BRGM/DIREN PACA/Région PACA, 2006



Un rejet de 20 cm est suffisamment dommageable pour les bâtiments pour que cet aléa puisse être à l'origine de l'établissement d'une bande de neutralisation¹⁹ (inconstructible) ou de prescriptions spécifiques en particulier dans le cadre d'un Plan de Prévention des Risques Naturels. Toutefois, la probabilité d'occurrence d'un séisme supérieur à 6 dans les prochaines décennies étant très faible, la probabilité d'un rejet en surface reste faible.



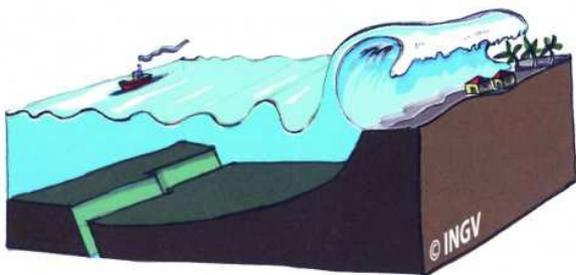
La magnitude est fonction de la surface de rupture sur le plan de faille (plus la surface de rupture est importante, plus la magnitude sera forte)

Les tsunamis

Un tsunami (du japonais : tsu, « port » et nami, « vague ») est une onde provoquée par un rapide mouvement d'un grand volume d'eau (océan ou mer).

Les principales origines des tsunamis sont:

- Les séismes : pour qu'un séisme soit à l'origine d'un tsunami, il est nécessaire que la rupture du plan de faille se soit propagée jusqu'à la base de la tranche d'eau.



<http://www.seisme-1909-provence.fr>

D'une façon générale les tsunamis sont habituellement générés par de grands tremblements de terre sous-marins (magnitude > 7) très peu profonds (profondeur < 50 km).

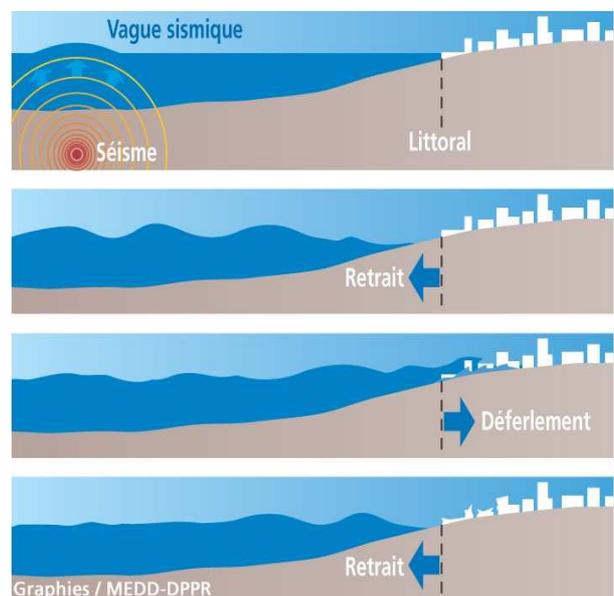
- Les mouvements de terrain sous-marins de grande ampleur



<http://www.seisme-1909-provence.fr>

- Les éruptions volcaniques sous marines de type explosif

Le phénomène de tsunami peut également être initié par les chutes d'astéroïde, de comète ou de blocs de glaces.



Les différentes étapes du phénomène de tsunami

Le risque de tsunami concerne surtout les zones littorales des DOM TOM, mais le littoral métropolitain n'est pas à l'abri d'un tel phénomène, en particulier les rivages de la Méditerranée.

¹⁹ Cette bande de neutralisation tient compte de l'incertitude sur la localisation précise de la faille



Tsunami à Nice

Le 16 octobre 1979, à 13h57, à l'embouchure du fleuve Var, une partie de la plate forme de remblaiement qui devait prolonger sur la mer les pistes de l'aéroport de Nice s'effondre. Elle entraîne avec elle 15 ouvriers et du matériel (quatre camions, deux grues). Ce chantier était alors considéré comme le plus grand chantier de travaux publics d'Europe. Neuf ouvriers trouvent la mort dans l'accident. Le glissement provoque une vague de 2,5 à 3 mètres qui frappe le littoral entre le port de la Salis et Antibes et occasionne des dégâts importants ainsi que la mort d'une commerçante d'Antibes. Une centaine de maisons ont été envahies par les flots. Une dizaine de voitures ainsi qu'une centaine d'embarcations ont été projetées sur les quais

©<http://www.seisme-1909-provence.fr>).



Photo du port de la Salis - Nice matin
Photo de voitures projetées sur le quai du port de la
Salis - Paru dans Nice Matin
<http://www.seisme-1909-provence.fr>



B.2 Prédiction, Prévision et Prévention

B.2.A La prédiction (à court terme)

Une prédiction²⁰ est l'action d'annoncer des événements futurs à court terme, dans notre cas, un séisme (heure, lieu précis, intensité,...). Elle est basée sur l'identification de signes précurseurs faibles (liste non exhaustive) :

- déformations crustales (= de la croûte terrestre)
- évolution spatio-temporelle de la sismicité
- variation du niveau d'eau dans les puits
- phénomène thermométrique (variation anormale de la température et de la conductivité du sol,...)
- dégagement de gaz (radon,...)
- variation du champ électromagnétique au sol et dans l'ionosphère
- comportement des animaux...

La prédiction, hélas, n'est pas une méthode fiable. En effet, l'analyse de ces signaux s'avère complexe, car ils ne sont pas toujours identifiables ou interprétables même si parfois ils ont été précurseurs d'un séisme (voir encart « Héliki » ci-contre). De plus, de nombreux exemples récents ont montré que ces signes ne sont pas systématiques, avant chaque séisme et que les modèles ne sont ni fiables, ni reproductibles ou généralisables, ce qui rend la prédiction difficile voire impossible, du moins à ce jour.

Des recherches mondiales sont cependant entreprises afin de mieux comprendre les séismes et d'être capable à l'avenir de les prévoir.

B.2.B La prévision (à long terme)

La prévision s'appuie sur les données historiques (archives, catalogues, témoignages,...) et instrumentales (enregistrements récents par appareils de mesure,...) et des données issues d'études géologiques et sismologiques. Elle permet de définir l'alea sismique d'une région.

Ce dernier se définit par la probabilité qu'un séisme survienne dans une région donnée sur une période donnée (50 ans, 500 ans...).



Dans la nouvelle réglementation nationale, l'accélération maximale de référence du sol a été estimée pour une période de retour²¹ de 475 ans correspondant à une probabilité de dépassement de la valeur de l'accélération réglementaire de 10% sur 50 ans.

La prédiction d'un séisme ou la diminution de l'alea étant impossible, seule la prévention permet de limiter l'ampleur des dégâts causés par un tremblement de terre et de sauver des vies humaines.

²¹ Période de retour = durée **moyenne** entre 2 événements de même ampleur.

²⁰ Ou prévision à court terme



B.2.C La Prévention



Lisbonne Abymée (vers 1760)
Eau-Forte
Bnf, Estampes et photographie
©Bibliothèque nationale de France

La controverse Voltaire - Rousseau

A 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 qui se traduit aujourd'hui par les notions de vulnérabilité et de prévention.

La prévention est l'« Ensemble des dispositions prises pour prévenir un danger, un risque, un mal » (Larousse).

« Ce n'est pas le séisme qui tue mais les bâtiments »

La prévention regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène prévisible sur les personnes et les biens, avant qu'il ne se produise.

La politique française de réduction du risque sismique s'articule principalement autour des axes suivants :

- améliorer la connaissance de l'aléa, de la vulnérabilité et du risque sismique
- informer les populations habitant les zones à risques
- définir et faire appliquer les règles de construction et d'aménagement du territoire, pour réduire la vulnérabilité et l'exposition au risque (**construire parasismique est le seul moyen efficace pour se protéger de l'aléa sismique**)
- préparer la gestion de crise.

Si l'État et les collectivités territoriales ont des responsabilités dans le domaine de la prévention, les particuliers et les entreprises doivent également être des acteurs pour contribuer efficacement à leur protection et diminuer leur propre vulnérabilité. Il est donc primordial que chacun s'informe sur les risques auxquels il est exposé, ainsi que sur les mesures de prévention à mettre en œuvre.



ANNEXE C
Organisation des secours et consignes de sécurité



C.1 L'organisation des secours

C.1.A Au niveau départemental

En cas de catastrophe, lorsque plusieurs communes sont concernées, le plan de secours départemental (plan ORSEC) est mis en application. Il fixe l'organisation de la direction des secours et permet la mobilisation des moyens publics et privés nécessaires à l'intervention. Au niveau départemental, c'est le préfet qui élabore et déclenche le plan ORSEC ; il est directeur des opérations de secours.

En cas de nécessité, il peut faire appel à des moyens zonaux ou nationaux.

Ceci comprend la préparation d'un kit séisme, composé d'une radio avec ses piles de rechange, d'une lampe de poche, d'eau potable, des médicaments urgents, des papiers importants, de vêtements de rechange et de couvertures.

Une réflexion préalable sur les lieux les plus sûrs de mise à l'abri dans chaque pièce et les itinéraires d'évacuation complètera ce dispositif. Le site [risquesmajeurs.fr](http://www.risquesmajeurs.fr) donne des indications pour aider chaque famille à réaliser ce plan.

<http://www.risquesmajeurs.fr/le-plan-familial-de-mise-en-surete-pfms>

C.1.B Au niveau communal

C'est le maire, détenteur des pouvoirs de police, qui a la charge d'assurer la sécurité de la population dans les conditions fixées par le code général des collectivités territoriales.

À cette fin, il prend les dispositions lui permettant de gérer la crise. Pour cela le maire élabore sur sa commune un Plan Communal de Sauvegarde (PCS). L'élaboration de ce PCS est obligatoire dans un délai de deux ans si la commune dispose d'un PPR approuvé ou si elle est comprise dans le champ d'application d'un plan particulier d'intervention (à partir de la date d'approbation de ces plans). S'il n'arrive pas à faire face par ses propres moyens à la situation il peut, si nécessaire, faire appel au préfet représentant de l'État dans le département.

Pour les établissements recevant du public, le gestionnaire doit veiller à la sécurité des personnes en attendant l'arrivée des secours. Il a été demandé aux directeurs d'école et aux chefs d'établissements scolaires d'élaborer un Plan Particulier de Mise en Sûreté afin d'assurer la sûreté des enfants et du personnel.

C.1.C Au niveau individuel

Un plan familial de mise en sûreté. Afin d'éviter la panique lors de la première secousse sismique, un tel plan préparé et testé en famille, constitue pour chacun la meilleure réponse pour faire face au séisme en attendant les secours.



C.2 Affichage des consignes de sécurité

Les consignes de sécurité figurant dans le document d'information communal et celles éventuellement fixées par certains exploitants ou propriétaires de locaux ou de terrains fréquentés par le public sont portées à la connaissance du public par voie d'affiches (Art. R. 125-12 Code de l'Environnement).

L'affichage dans la commune est obligatoire. Il est effectué sous l'entière responsabilité du maire sur la base d'un modèle-type arrêté par les ministres chargés respectivement de la sécurité civile et de la prévention des risques majeurs [voir arrêté du 9 février 2005 portant approbation des modèles d'affiches relatives aux consignes de sécurité devant être portées à la connaissance du public].

Les consignes de sécurité résultent des dispositions d'organisation des secours prises par le maire ainsi que du dispositif local éventuel d'observation des risques pouvant conduire à une alerte.

L'affichage doit être effectué partout où la nature du risque ou la répartition de la population l'exige. Ainsi, il pourra être réalisé non seulement sur les zones directement exposées, mais également sur la totalité de la commune (en cas de risque sismique ou cyclonique par exemple), voire sur des secteurs de communes voisines en accord avec les maires concernés.

Les consignes établies par l'exploitant ou le propriétaire du local sont liées au caractère du local ou du lieu d'affichage et visent à garantir la sécurité des occupants de ces locaux.

Cet affichage est mis en place en premier lieu dans les locaux dépendant de la commune (mairie, école, services sociaux, caserne de pompiers, locaux de la gendarmerie, etc.). Mais il peut également, en tant que de besoin, être imposé dans des lieux privés faisant l'objet de fréquents passages de la population dont la liste figure à l'article R. 125-14 du code de l'environnement. (Source : Prim.net)



C.3 Les consignes individuelles de sécurité

Se mettre à l'abri

Ecouter la radio : préciser la station de radio et sa fréquence

Respecter les consignes

En cas de séisme :

AVANT

- **Diagnostiquer la résistance aux séismes** de votre bâtiment et le renforcer si nécessaire
- **Repérer les points de coupure du gaz, eau, électricité**
- **Fixer les appareils et les meubles lourds**
- **Préparer un plan de groupement familial**

PENDANT

- Rester où l'on est :
 - à l'intérieur : se mettre près d'un gros mur, une colonne porteuse ou sous des meubles solides, s'éloigner des fenêtres
 - à l'extérieur : ne pas rester sous des fils électriques ou sous ce qui peut s'effondrer (cheminées, ponts, corniches, toitures, arbres...)
 - en voiture : s'arrêter et ne pas descendre avant la fin des secousses
- **Se protéger** la tête avec les bras
- **Ne pas allumer** de flamme

APRÈS

Après la première secousse, se méfier des répliques : il peut y avoir d'autres secousses importantes.

- **Ne pas prendre** les ascenseurs pour quitter un immeuble
- **Vérifier** l'eau, l'électricité, le gaz : en cas de fuite de gaz ouvrir les fenêtres et les portes, se sauver et prévenir les autorités
- **S'éloigner** des zones côtières, même longtemps après la fin des secousses, en raison d'éventuels raz-de-marée

Si l'on est bloqué sous des décombres, garder son calme et signaler sa présence en frappant sur l'objet le plus approprié (table, poutre, canalisation...)



Modèle d'affiche communale

Commune.....

Département des Bouches du Rhône

k

en cas de **danger** ou d'**alerte**

1. abritez-vous
take shelter
resguardese

2. écoutez la radio
listen to the radio
escuche la radio

Station 00.00 MHz

3. respectez les consignes
follow the instructions
respete las consignas

> n'allez pas chercher vos enfants à l'école
don't seek your children at school
no vaya a buscar a sus ninos a la escuela

pour en savoir **plus**, consultez

> à la mairie : **le DICRIM**, dossier d'information
communal sur les risques majeurs

> sur internet : **www.prim.net**



Pour en savoir plus

Textes officiels

Décret n°2005-1005 du 23 août 2005 relatif à l'extension du contrôle technique obligatoire à certaines constructions exposées à un risque sismique et modifiant le code de la construction et de l'habitation

Décret n°2007-1727 du 7 décembre 2007 relatif à l'extension du contrôle technique obligatoire à certaines constructions exposées à un risque sismique et modifiant le code de la construction et de l'habitation

Arrêté du 10 septembre 2007 relatif aux attestations de prise en compte des règles de construction parasismique à fournir lors du dépôt d'une demande de permis de construire et avec la déclaration d'achèvement de travaux

Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique

Décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, portant délimitation des zones de sismicité du territoire français

Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicable aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »



Sites Internet utiles

<http://www.planseisme.fr/>

site de référence sur la prise en compte du risque sismique, accès aux productions réalisées dans le cadre du plan séisme

<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Risque-sismique-.html>

site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie

<http://prim.net>

Portail de la prévention des risques majeurs

Information sur les risques au niveau de votre commune et notamment indication de la zone de sismicité

www.seisme-1909-provence.fr

Un site pour comprendre le risque sismique et connaître les actions menées en région

Provence-Alpes-Côte-d'Azur

www.sisfrance.net

Relevé et caractéristiques des séismes historiques et contemporains en France

<http://www.qualiteconstruction.com/>

Site de l'Agence Qualité Construction. L'Agence Qualité Construction est une association loi 1901 qui a pour mission de prévenir les désordres dans le bâtiment et d'améliorer la qualité de la construction (outils techniques destinés à aider les professionnels du bâtiment)

<http://afps-seisme.org/>

L'Association Française du Génie Parasismique (AFPS) est une association régie par la loi du 1er juillet a pour objet l'étude des tremblements de terre, celle de leurs conséquences sur le sol, sur les constructions et sur leur environnement

Bibliographie

Les séismes – Dossier d'information (grand public)

DPPR –SDPRM –20 pages – 2004 www.developpement-durable.gouv.fr/Les-seismes.html

Le risque sismique en France

64 p. – 2008 – BRGM éditions

Etude tectonique de la région de Marseille Tomes 1 et 2

Par G. GIEU

398 p – 2002 – PUP

Les tremblements de terre aux XVIIe et XVIIIe siècles

La naissance d'un risque

Par G. QUENET

592 p. – 2005 – Edition Champ Vallon – Collection Epoques



Le cahier d'activités du SISMO

Collège – Lycée : activités éducatives proposées par le Sismo des Ecoles

Par J.L. BERENQUER; F. PASCUCCHI; H. FERRY

102 p. et CD-Rom - 2006 – CRDP de l'Académie de Nice

www.crdp-nice.fr

Construire en zone sismique : S'implanter, bâtir, habiter

Plaquette du Programme national de prévention du risque sismique

4 p. – 2005

Conception, vulnérabilité, urbanisme et sismologie

Par M. ZACEK; P. BALANDIER

Coffret de 5 cahiers – 2003 – Les Grands Ateliers de l'Isle d'Abeau – Collection

Conception parasismique www.lesgrandsateliers.fr

Conception parasismique des bâtiments

Fiche A (Conception d'ensemble) –

Fiche B (Dispositions constructives)

Par M. ZACEK, Septembre 2010

Téléchargeable sur Internet

Conception parasismique des maisons individuelles

Fiche C

Par M. ZACEK, Janvier 2011

Téléchargeable sur Internet

Construire parasismique : Risque sismique. Conception parasismique des bâtiments.

Réglementation

Par M. ZACEK

342 pages - 1996 - Prix 73,18 € - Ed. Parenthèses.

Cours de construction parasismique

Patricia BALANDIER - 2001

5 Volumes

www.planseisme.fr

Guide de la conception parasismique des bâtiments

AFPS - 159 pages – 2003 – Prix 50 euros – Ed. Eyrolles

Du contexte de la réglementation en matière de construction parasismique

Par G. CZITROM

Association Française du Génie Parasismique (AFPS) : Cahier technique numéro spécial, septembre 1999

137 p. – 1999 – AFPS

www.afps-seisme.org

Les tremblements de terre en France. Hier. Aujourd'hui. Demain

196 p - 1997 - Prix 38,11 €. - BRGM éditions



Evaluation du respect de l'application des règles de construction parasismique
Région Provence Alpes Côte d'Azur
CETE MEDITERRANEE– 56 p. - 2001

Evaluation de l'application de la réglementation parasismique dans les
départements des Alpes-Maritimes, Isère, Pyrénées-Atlantiques et Hautes-Pyrénées
CGPC - IGE – 77 p. - 2004

Les techniques de prévision et de prévention des risques naturels : séismes et mouvements de terrain

Par Ch. KERT, Député dans le cadre de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques - 1995 - Prix 11,43 €.

Rapport Assemblée nationale n° 2017, Sénat n° 261 -1995

Rapport n°1540 à l'Assemblée nationale et n°312 au Sénat – 1999

Les dispositifs d'alerte aux tsunamis en France et dans le monde

Rapport du Sénat n° 546 (2008-2009) – 156 p.

Région PACA, BRGM, DIREN PACA et CETE Méditerranée, Le risque sismique en PACA,
100 p – 2006

<http://www.planseisme.fr>



Glossaire

Aléa sismique : L'aléa est une estimation de la probabilité qu'un événement naturel survienne dans une région donnée et dans un intervalle de temps donné. L'aléa sismique est donc la probabilité, pour un site, d'être exposé à une secousse tellurique de caractéristiques données. L'évaluation de l'aléa sismique intègre la magnitude, l'ampleur et la période de retour des séismes.

Amplitude d'une secousse (d'une onde)

Mouvement maximal du sol par rapport à la position d'équilibre.

Approche déterministe

Dans cette méthode, le séisme maximum historiquement connu qui s'est produit à l'intérieur d'une zone sismotectonique est supposé pouvoir se reproduire en tout point de la zone. On ne fait donc pas appel à des notions de période de retour. C'est ce type de zonage qui est actuellement utilisé pour l'application des normes parasismiques des installations à risque spécial et des installations nucléaires de base.

Approche probabiliste

Dans cette méthode, un catalogue de sismicité le plus complet possible est utilisé pour estimer la probabilité d'occurrence de différents niveaux d'agression sismique, en général exprimée par l'accélération du sol. Le principe de base est que, dans une zone sismotectonique donnée, il existe une relation linéaire entre le nombre de séismes dépassant une certaine magnitude et cette magnitude. Utilisant cette relation et des calculs d'atténuation du mouvement sismique avec la distance, il est possible de calculer en tout point du territoire les accélérations maximales du sol associées à différentes périodes de retour.

Asthénosphère

Partie ductile du manteau terrestre, directement située sous la lithosphère rigide. Son épaisseur varie entre environ 100 km sous les océans (quelques kilomètres au niveau des rifts océaniques) et environ 250 km sous les continents.

Collision continentale

Le phénomène de collision continentale est la confrontation de deux plaques continentales qui suit la disparition des lithosphères océaniques par subduction ; il est à ce titre la deuxième phase du phénomène de convergence.

La collision provoque la formation de structures géologiques comme les plis, chevauchements et nappes de charriage et entraîne à terme une orogénèse.

Convergence

Mouvements de rapprochement de deux plaques lithosphériques. L'une peut plonger sous l'autre (subduction) ou elles peuvent entrer en collision et créer ainsi une chaîne de montagne. Les zones de convergence sont caractérisées par une forte sismicité et des reliefs élevés.

Croûte terrestre

Couche de roches situées près de la surface de la Terre. Les continents et les bassins océaniques en font partie. Sous les océans, la croûte mesure environ 5 km d'épaisseur, tandis que sous les continents, l'épaisseur moyenne est de 35 km. La croûte se compose entre autres de basalte et de granite. Le basalte est la principale composante de la croûte océanique tandis que le granite se retrouve principalement dans la croûte continentale.



Distance épacentrale

Distance par rapport à l'épicentre. Quand on est « près » du séisme, on donne souvent la distance épacentrale en km (d). Quand on est plus loin, on la donne en degrés (D).

Divergence

Mouvements d'écartement de deux plaques lithosphériques. La divergence est le phénomène à l'origine de la naissance et de l'expansion des océans.

Ductilité

Capacité d'un matériau, et par extension d'un élément ou d'une structure, de subir avant la rupture des déformations plastiques (irréversibles) sans perte significative de résistance. L'absence de rupture fragile d'une structure est un élément essentiel d'une bonne conception parasismique. Ces matériaux « préviennent » donc de l'approche de leur rupture.

Échelle de Richter

Mot impropre pour désigner la magnitude, qui est une mesure de la taille des séismes, proposée par C. Richter en 1935. De par sa définition, elle n'a pas de limite ni supérieure ni inférieure. Sur des critères physiques liés à la taille maximale d'une source sismique et à l'énergie correspondante qui peut être rayonnée, on estime cependant qu'une valeur limite doit exister (la magnitude des plus forts séismes connus à ce jour ne dépasse pas 9.5 : séisme du Chili en 1960).

Effets de site

Modification des mouvements sismiques du fait de la résonance des ondes sismiques produite par la topographie du relief (effets de site dits topographiques) ou par la présence de formations géologiques superficielles meubles (effets de site dits géologiques). Le plus souvent, les effets de site conduisent à une amplification des mouvements sismiques.

Effets induits

Phénomènes naturels provoqués ou induits par les séismes, et dont les effets s'ajoutent à ceux liés aux mouvements du sol. Les principaux effets induits sont les mouvements de terrain, le phénomène de liquéfaction des sols-, et les tsunamis.

Enjeu

Les enjeux sont constitués par les personnes, les biens, les équipements et l'environnement potentiellement menacés par un aléa : on peut hiérarchiser les enjeux en fonction de leur importance avant, pendant et après une crise et en estimer la vulnérabilité face à une intensité donnée d'un événement naturel donné.

Epicentre

Le point à la surface du sol, situé à la verticale du foyer.

Faille

Fracture ou zone de rupture dans la roche, le long de laquelle les deux bords se déplacent l'un par rapport à l'autre.

Foyer/hypocentre

Point de départ de la rupture des roches.



Intensité

Classification de sévérité de la secousse au sol en fonction des effets observés (personnes, objets, bâtiments...) dans une zone donnée. Les deux principales échelles utilisées en France (MSK64 et EMS-98) comportent 12 degrés (notés en chiffres romains). Le degré I correspond à une secousse imperceptible (même dans des circonstances favorables), les dégâts aux bâtiments commencent au degré V et deviennent importants (destructions de bâtiments) à partir de VIII. Le degré XII caractérise une catastrophe généralisée, les effets atteignant le maximum concevable. L'échelle EMS-98 constitue aujourd'hui l'échelle de référence en Europe.

Isoséiste

Courbe reliant les lieux ayant subi la même intensité sismique

Liquéfaction

La liquéfaction des sols désigne le phénomène physique de passage des sols d'un état solide à un état liquide. Ce changement d'état s'observe dans le cas de forts mouvements sismiques appliqués à des sols granulaires (sables) saturés en eau.

Lithosphère

Couche externe et rigide de la Terre au-dessus de l'asthénosphère. Elle inclut la croûte et la partie superficielle du manteau. Elle est caractérisée par ses propriétés mécaniques (solide et cassante) et thermiques (propagation de chaleur par conduction). Elle est constituée d'un certain nombre de plaques tectoniques qui se déplacent les unes par rapport aux autres.

Magnitude/Échelle de Richter

La magnitude représente l'énergie libérée par une source sismique sous forme d'onde pendant un séisme, elle est estimée à partir de l'enregistrement du mouvement du sol pendant un séisme par des sismomètres. C'est une valeur caractéristique de la « puissance » d'un séisme. L'« échelle de Richter » mesure la magnitude des séismes. Elle n'a, par définition, aucune limite théorique (ni inférieure ni supérieure). Se fondant sur des critères physiques (taille maximale d'une secousse tellurique et énergie rayonnée correspondante), on estime néanmoins qu'une valeur limite doit exister : la magnitude des plus violents séismes connus à ce jour ne dépasse pas 9,5. A partir d'une magnitude 5,5 un séisme dont le foyer est peu profond peut causer des dégâts notables aux constructions.

Mouvement de convection

Mouvement dû à la chaleur interne de la terre qui anime la roche en fusion du manteau.

Onde sismique

Onde élastique se propageant à l'intérieur de la terre, engendrée généralement par un séisme ou par une explosion.

Orogenèse

Ensemble des événements aboutissant à la formation d'une chaîne de montagne.

Période de retour

Durée moyenne entre deux événements de même ampleur.

Plaque tectonique

Grande structure géométrique qui compose la croûte terrestre. Les plaques tectoniques sont en continuel mouvement.

Précurseur

Petit séisme qui précède de quelques secondes à quelques semaines un fort séisme. Le précurseur a lieu à l'emplacement ou à proximité du gros séisme.



Répliques

Séismes succédant, dans une zone proche, à un autre séisme (dit séisme principal).

Résonance :

Situation de concordance des périodes d'oscillation des ouvrages avec le mouvement sismique du sol, se traduisant par une amplification importante du mouvement de l'ouvrage.

Risque naturel

La circulaire n° 88-67 du 20 juin 1988 relative aux risques naturels et au droit des sols distingue deux notions : le phénomène naturel et le risque naturel.

Le phénomène naturel s'oppose au phénomène anthropique, c'est-à-dire provoqué par une action humaine. Il peut être soit localisé (c'est-à-dire lié aux caractéristiques physiques du milieu), soit délocalisé (c'est-à-dire survenant dans un espace quelconque - les phénomènes atmosphériques pour l'essentiel).

La notion de risque suppose à priori l'existence de biens ou d'activités (généralement des établissements humains) dommageables. On parle de risque naturel quand un phénomène naturel susceptible de se produire expose des biens et activités à des dommages et des personnes à des préjudices.

La catastrophe naturelle correspond à des dommages importants résultant d'une intensité anormale du phénomène naturel. Le risque majeur résulte de la conjonction d'une catastrophe naturelle et de l'existence de biens et activités vulnérables.

Risque sismique

Le risque sismique d'un site est un risque naturel lié à l'activité sismique. Il est la conjonction d'un aléa sismique et d'une vulnérabilité des personnes, des biens et des activités sur ce site. La nature et la vulnérabilité des enjeux (économiques, patrimoniaux, sociaux...) sont primordiales pour l'évaluation du risque sismique.

Séisme/Tremblement de terre

Ce sont des vibrations de l'écorce terrestre provoquées par des ondes sismiques qui rayonnent à partir d'une source d'énergie élastique créée par la rupture brutale des roches de la lithosphère (partie la plus externe de la terre).

Sismicité

Distribution géographique des séismes en fonction du temps.

Sismogramme

Représentation graphique de l'enregistrement d'une onde sismique, réalisé au moyen d'un sismomètre.

Sismologie

Science qui étudie les tremblements de terre naturels ou artificiels, et d'une manière générale la propagation des ondes sismiques à travers

Sismomètre/Séismomètre

Détecteur des mouvements du sol qui comporte un capteur mécanique, un amplificateur et un enregistreur.

Spectre de réponse élastique

Le spectre de réponse élastique correspond à l'accélération maximale d'un oscillateur simple en fonction de sa période propre et de son amortissement critique. Il dimensionne le mouvement sismique à prendre en compte dans les règles de construction.



Subduction

Processus intervenant lors de la convergence entre deux plaques tectoniques. Une plaque plongeante va retourner dans l'asthénosphère en prenant appui sur une plaque chevauchante. Il peut s'agir de deux plaques océaniques entre elles ou d'une plaque océanique et d'une plaque continentale. Les zones de subduction ont une topographie aux forts reliefs positifs et négatifs et sont le siège d'une activité géologique importante.

Tectonique des plaques

La tectonique des plaques (d'abord appelée dérive des continents) est le modèle actuel du fonctionnement interne de la Terre. Elle est l'expression en surface de la convection qui se déroule dans le manteau terrestre. La lithosphère, couche externe de la Terre, est découpée en plaques rigides qui flottent et se déplacent sur l'asthénosphère, plus ductile.

Tsunami

En japonais, tsunami vient de tsu « port » et nami « vague ». C'est un raz de marée généralement provoqué par un mouvement brutal du fond de la mer, par exemple au cours d'un séisme sous-marin, d'un mouvement de terrain sous marin ou d'une éruption volcanique sous marine.

Vulnérabilité

Les ouvrages humains (constructions, équipements, aménagements, etc.) ne sont pas tous capables d'absorber et de dissiper, sans dommage (rupture), les efforts transmis par les ondes sismiques. Selon leur nature et leur conception ils sont plus ou moins vulnérables à ces sollicitations.

Des règles de construction parasismique sont imposées pour réduire cette vulnérabilité dans les zones sismiques.

Zone sismotectonique

Zones géographiques dans lesquelles la probabilité d'occurrence d'un séisme de caractéristiques données (magnitude, profondeur focale) peut être considérée homogène en tout point : ces zones s'articulent en général autour d'une même faille ou d'une même structure tectonique

