Direction régionale de l'environnement (DIREN)
Provence - Alpes - Côte d'Azur

BP 120
Le Tholonet
13603 Aix-en-Provence Cedex 01
Tél. : 04 42 66 66 00 - Fax : 04 42 66 66 01
www.paca.ecologie.gouv.fr

Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée

Pôle d'activités Les Milles
Avenue Albert Einstein
CS 70499
13593 Aix-en-Provence Cedex 03
Tél. : 04 42 24 76 76 - Fax : 04 42 60 79 00
www.cete-mediterranee.fr

Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Conseil régional de Provence - Alpes - Côte d'Azur

Hôtel de Région
27, place Jules Guesde
13481 Marseille Cedex 20
Tél. : 04 91 57 50 57 - Fax : 04 91 57 51 51
www2.regionpaca.fr

BRGM
Service Géologique Régional PACA

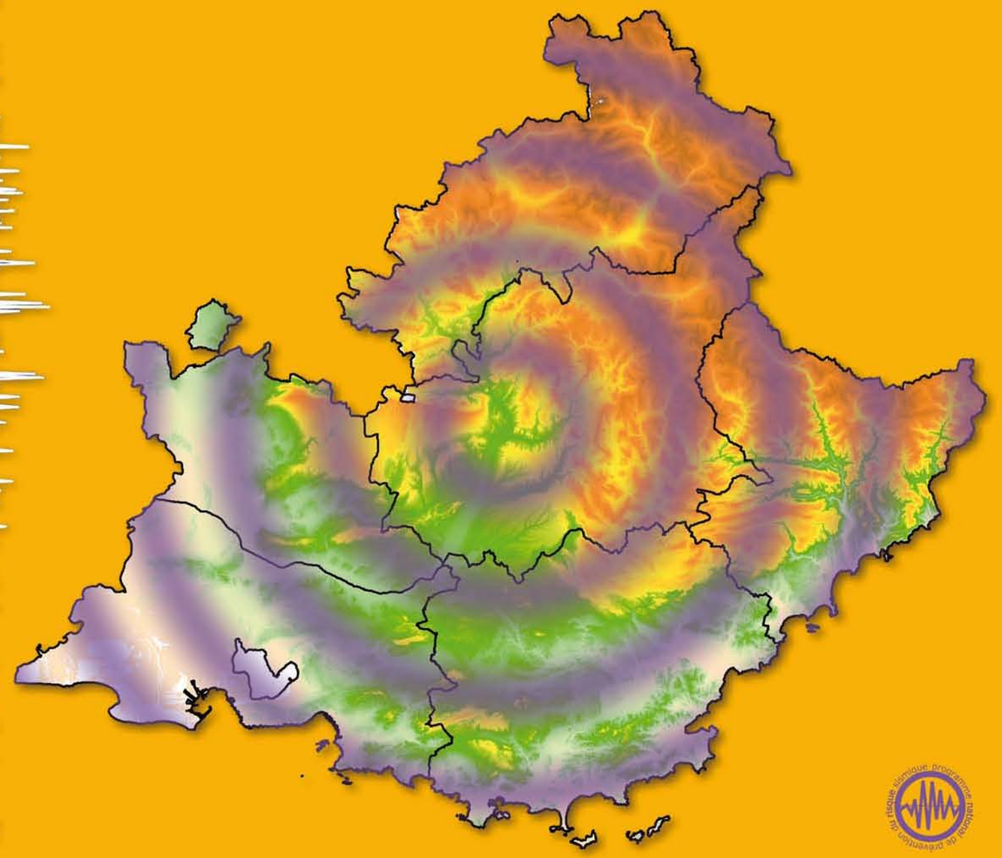
117, av. de Luminy - BP 168
13276 Marseille Cedex 09
Tél. : 04 91 17 74 77 - Fax : 04 91 17 20 40
www.brgm.fr

Centre scientifique et technique du BRGM
3, avenue Claude-Guillemin - BP 36009
45060 Orléans Cedex 2
Tél. : 02 38 64 34 34 - Fax : 02 38 64 35 18
www.brgm.fr

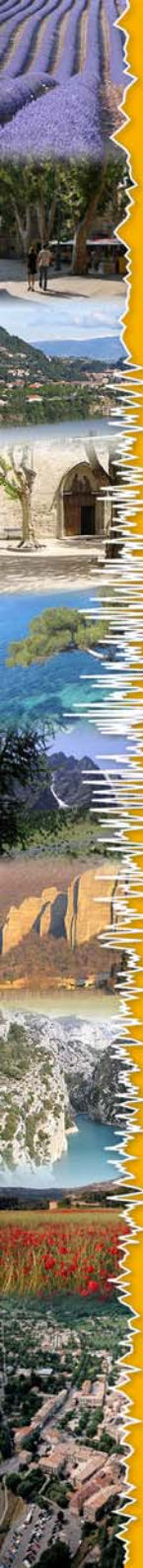
Région
Provence
Alpes
Côte d'Azur

Le risque sismique
en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Le risque sismique
en Provence-Alpes-Côte d'Azur



Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur



Le risque sismique en Provence-Alpes-Côte d'Azur

Sommaire général

Avant-propos
Introduction

I. Le phénomène "séisme"

La tectonique des plaques ..... PS 1
La convergence Afrique - Eurasie ..... PS 2
Les failles ..... PS 3
Les séismes ..... PS 4
La sismicité instrumentale et la magnitude des séismes ..... PS 5
Les réseaux d'enregistrement de la sismicité ..... PS 6
La sismicité historique et l'intensité macrosismique ..... PS 7
Les failles actives de la région PACA ..... PS 8
La faille de la Trévaresse, un exemple de faille active ..... PS 9

II. L'aléa sismique

L'aléa, la vulnérabilité, le risque ..... AS 1
Les principes d'évaluation de l'aléa sismique ..... AS 2
Les applications sur la France ..... AS 3
Aléa sismique régional, évaluation empirico-statistique ..... AS 4
Aléa sismique régional, évaluation probabiliste ..... AS 5
Aléa sismique régional, évaluation déterministe ..... AS 6
Aléa sismique local ..... AS 7
Exemples d'effets de site ..... AS 8
Les tsunamis : autre effet induit possible ..... AS 9

III. La prévention du risque sismique

Les composantes de la prévention ..... PR 1
Les principales actions d'information préventive ..... PR 2
La classification réglementaire des ouvrages (bâtiments, équipements, infrastructures) ..... PR 3
Le zonage sismique réglementaire ..... PR 4
Les plans de prévention du risque sismique ..... PR 5
La vulnérabilité des territoires aux séismes ..... PR 6
Les règles de construction parasismique pour les ouvrages à risque normal ..... PR 7
Les recommandations pour l'application de la réglementation aux maisons individuelles ..... PR 8
Le contrôle parasismique des constructions (ouvrages à risque normal) ..... PR 9
Signal d'alerte et organisation des secours ..... PR 10
La prédiction des séismes : un axe de recherche ..... PR 11
Le "Plan Séisme" ..... PR 12

IV. L'évaluation du risque sismique

Les principes généraux ..... ER 1
Etude sur une commune ..... ER 2
Une étude transfrontalière : GE.RI.A ..... ER 3
Une étude sur plusieurs pays d'Europe : RISK-UE ..... ER 4
Analyse des dysfonctionnements liés aux voies de communication ..... ER 5
Identification et classification des failles actives ..... ER 6

V. Les grands tremblements de terre en région PACA : témoignages

Tremblement de terre de Provence du 11 juin 1909 ..... TE 1
Tremblements de terre de l'arrière-pays niçois : 1494, 1564, 1618, 1644 ..... TE 2
Tremblements de terre aux environs de Manosque : 1509, 1708, 1812, 1913 ..... TE 3
Tremblements de terre à Castellane : 1855, 1951 ..... TE 4
Tremblement de terre "Ligure" : 23 février 1887 ..... TE 5
Tremblements de terre du Briançonnais et de l'Ubaye : 1884, 1904, 1935, 1959 TE 6
Tremblements de terre le long de l'arc de Digne : 1863, 1866, 1984 ..... TE 7

VI. Annexes

Pour aller plus loin ..... A 1
Glossaire ..... A 2

La sismicité en Provence - Alpes - Côte d'Azur

Le 23 février 1887, au lendemain du carnaval, la côte Ligure et le pays niçois sont affectés par trois fortes secousses qui entraînent la mort de plus de 600 personnes et la destruction de nombreuses maisons dont plus de 150 sur la ville de Menton.

Le 11 juin 1909, dans les Bouches-du-Rhône, a lieu le séisme le plus catastrophique qu'ait connu la France durant le dernier siècle faisant 46 morts. Les villages de Rognes, Lambesc, Saint-Cannat, Vernègues sont fortement endommagés et plusieurs quartiers de Salon-de-Provence sont effondrés, 1 500 constructions doivent être démolies ou nécessitent des travaux très importants.

Ces souvenirs, parfois imprécis mais souvent forts, habitent encore les populations de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur et lorsque de tels événements se produisent au bord de la Méditerranée, de nombreuses questions sont posées aux élus : "Quel est le risque ? Sommes-nous à l'abri de tels événements ? Qu'est-il fait pour les éviter ? Que faire si cela arrivait ?"

Bien sûr, nous savons que le risque sismique est beaucoup plus important dans les Caraïbes et dans d'autres parties de l'aire méditerranéenne. Cependant, dans notre région, parce que le risque sismique est réel mais partiellement effacé dans les mémoires, il est nécessaire de l'analyser, d'en débattre, d'autant que le contexte réglementaire et les connaissances scientifiques ont évolué ces dernières années.

Sur le territoire de Provence-Alpes-Côte d'Azur, au cours du contrat de plan 2000 – 2006, l'État, la Région et le BRGM se sont associés pour développer les connaissances régionales sur le risque sismique et sa prise en compte dans l'aménagement des territoires.

Les travaux réalisés ont permis des avancées importantes.

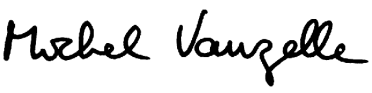
Alors que le Contrat de Plan se termine, il nous a paru important de vous faire part de ces résultats et de mettre à votre disposition un outil d'analyse des événements sismiques afin de vous permettre de comprendre et gérer au mieux ce risque parfois mal connu qui nous concerne tous.

Le Préfet de la Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Christian FRÉMONT

Le Président
du BRGM

Philippe VESSERON



Le Président de la Région
Provence-Alpes-Côte d'Azur

Michel VAUZELLE

Le risque sismique en Provence - Alpes - Côte d'Azur

Le tremblement de terre, phénomène naturel parfois meurtrier et destructeur, parmi les millions de tremblements de terre qui se produisent chaque année dans le monde, quelques uns sont parfois à l'origine d'une catastrophe.

Bien qu'éloignée de plus de 800 km de la frontière des plaques tectoniques Eurasie-Afrique, la région Provence - Alpes - Côte d'Azur est soumise aux effets de la collision entre les deux grandes plaques. Elle présente un **niveau de sismicité relativement modérée** en comparaison avec d'autres régions du globe, comme la Grèce, le Sud de l'Italie ou l'Algérie situées, quant à elles, sur la limite des plaques Eurasie-Afrique. Néanmoins, **occasionnellement cette sismicité peut être suffisamment violente** pour devoir être prise en considération.

Aujourd'hui, **la prévention du risque sismique constitue le moyen le plus efficace pour atténuer les effets potentiels d'une catastrophe. Elle doit au préalable pouvoir s'appuyer sur une bonne connaissance du phénomène et de son aléa, ainsi que sur une estimation la plus juste possible de la vulnérabilité du territoire.** En ce sens, depuis une vingtaine d'années, les recherches effectuées dans le domaine du risque sismique ont fait des progrès significatifs. Les principaux thèmes de recherche ont ainsi été de :

- mieux localiser et caractériser les failles actives,
- assurer une surveillance permanente de l'activité sismique,
- étudier les effets de site et le comportement des sols et des ouvrages,
- évaluer et réduire la vulnérabilité des enjeux, construire des scénarios de risque sismique,
- élaborer des règles parasismiques de plus en plus fiables.

Demain, c'est grâce à cette acquisition progressive des connaissances, qu'un nouveau pas dans l'évaluation et la gestion du risque sismique pourra à nouveau être franchi.

Dans le cadre du **Contrat de Plan État - Région Provence - Alpes - Côte d'Azur**, réalisé entre les années 2000 et 2006, la Région PACA, la DIREN PACA et le BRGM ont financé et réalisé plusieurs études scientifiques sur le risque sismique : études relatives au développement méthodologique et à la construction de scénarios de risque sismique, étude globale sur les failles actives de la région PACA (bilan des connaissances, hiérarchisation des failles), études de cas relatives aux failles actives majeures régionales... En parallèle des journées de formation et d'information ont été organisées auprès des élus, des professionnels du risque ou du public.
Au terme de ce CPER et considérant les actions menées dans la région, il convenait de réaliser un document d'information, avec une diffusion auprès des 963 maires, des conseillers régionaux et des principaux acteurs du risque que compte la région.

Le document est constitué de cinq grands chapitres rassemblant plusieurs fiches numérotées :

I - Le phénomène "séisme" (PS) :
origine des mouvements sismiques, situation de la région PACA dans ce contexte, appareils de mesure.

II - L'aléa sismique (AS) :
les différentes étapes d'évaluation, les cartographies réalisées en PACA.

III - La prévention du risque sismique (PR) :
les différentes actions de réduction du risque sismique.

IV - L'évaluation du risque sismique, principales études réalisées sur la région PACA (ER) :
évaluation des conséquences d'un séisme à partir de scénarios sismiques.

V - Les grands tremblements de terre de la région PACA : témoignages (TE) :
présentation de quelques séismes majeurs ressentis en PACA et relatés dans les archives historiques.

VI - Annexes :
une liste de contacts régionaux et une bibliographie permettent au lecteur de disposer de références supplémentaires sur le risque sismique. Un glossaire figure également pour rappeler les définitions des termes techniques employés dans les fiches.

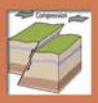
Les principaux liens entre les fiches sont indiqués par un numéro de fiche entre crochet ; par exemple [PS3] inséré dans le texte signifie : lien avec la fiche PS3.

RETOUR AU SOMMAIRE

I Le phénomène "séisme"

PS.1 Tectonique des plaques

PS.2 La convergence Afrique - Europe

PS.3  Les failles

PS.4 Les séismes

PS.5 La sismicité instrumentale et la magnitude des séismes

PS.6 Les réseaux d'enregistrement de la sismicité

PS.7 La sismicité historique et l'intensité macrosismique

PS.8 Les failles actives de la région PACA

PS.9 La faille de la Trévaresse, un exemple de faille active

Résumé au verso ▸

RETOUR AU SOMMAIRE

I Le phénomène "séisme"

La **tectonique des plaques** montre que la **lithosphère** est constituée de grandes plaques en mouvement. C'est à la limite des plaques lithosphériques que l'activité sismique est la plus intense.

Le bassin méditerranée est le lieu de rencontre de deux grandes plaques continentales : **la plaque Afrique** et **la plaque Eurasie**. Le Sud-Est de la France, bien qu'éloigné de la frontière des deux grandes plaques en subit néanmoins des contrecoups.

Les **tremblements de terre** sont provoqués par une rupture brutale des roches le long d'un **plan de faille**. Cette rupture génère des **ondes sismiques** dont le passage à travers le sol provoque des vibrations qui peuvent être ressenties à la surface.

La puissance d'un tremblement de terre est quantifiée par sa **magnitude**. Elle est mesurée grâce à des **sismomètres**.

L'intensité caractérise les **effets et dommages** causés par le séisme. Elle est maximale à l'aplomb du foyer du séisme (intensité épicentrale). Les archives historiques relatives à la région PACA décrivent plusieurs tremblements de terre à l'origine de dégâts considérables.

Plusieurs **failles actives** sont localisées au niveau de la région PACA. Néanmoins la vitesse de déformation engendrée par ces failles **reste inférieure au mm/an**, c'est-à-dire bien inférieure à celle enregistrée aux frontières des plaques Afrique-Eurasie (de plusieurs cm/an).

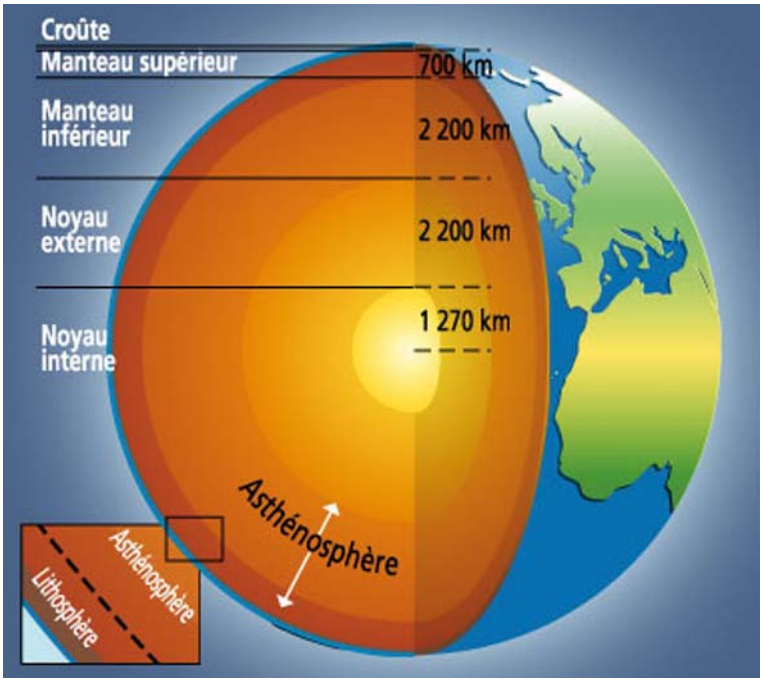
RETOUR AU SOMMAIRE

La tectonique des plaques

La lithosphère est constituée de plusieurs grandes plaques en mouvement les unes par rapport aux autres. Le moteur de cette dynamique se trouve sous la croûte, dans le manteau. C'est à la frontière des plaques que l'activité sismique est la plus intense.

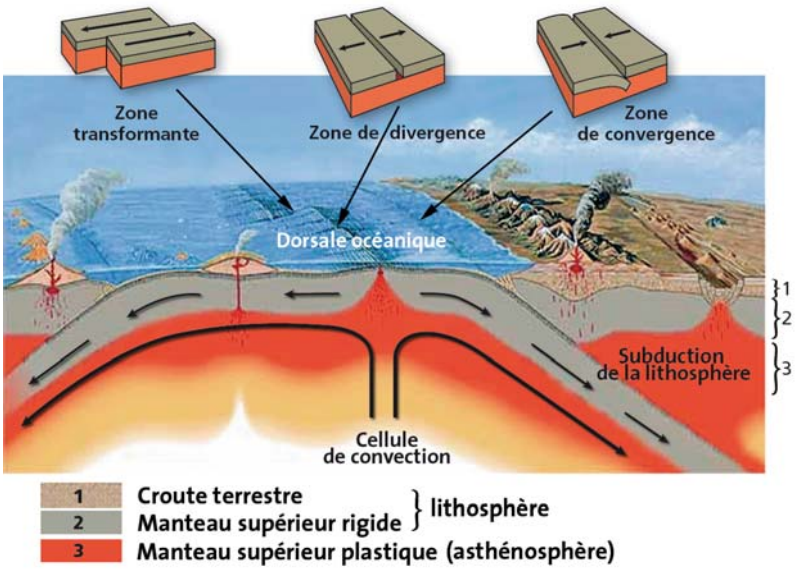
La Terre est divisée **en couches superposées qui se distinguent par leur état solide, liquide ou plastique, ainsi que par leur densité**. En partant du centre vers la surface de la Terre, on trouve les entités suivantes :

- **le noyau** : divisé en un noyau interne solide et un noyau externe liquide. Le centre de la Terre se trouve à 6 370 km de profondeur.
- **le manteau** est constitué par :
  - un manteau supérieur rigide jusqu'à 70 à 150 km, puis plastique jusqu'à 700 km de profondeur,
  - un manteau inférieur, solide et situé entre 700 et 2 900 km de profondeur.
- **la croûte**(ou écorce) : elle est à l'état solide. On distingue deux types de croûte, océanique et continentale. **La croûte océanique** se situe essentiellement sous les océans. Son épaisseur est de 5 km à 10 km en moyenne. Elle est constituée de roches basaltiques. **La croûte continentale** se trouve au niveau des continents. Son épaisseur est de 30 à 35 km au niveau des plaines continentales et de 50 à 65 km sous les chaînes de montagnes. Moins dense que la croûte océanique, elle est formée de roches granitiques essentiellement.



© www.prim.net

La lithosphère correspond au manteau supérieur solide et à la croûte terrestre. L'asthénosphère représente la partie plastique du manteau supérieur.
Dans le manteau, la désintégration radioactive de certains éléments chimiques produit un flux de chaleur à l'origine de cellules de convection. Les **mouvements de convection** qui animent le manteau induisent alors sur la lithosphère rigide des déformations. Ces dernières se traduisent par un **découpage de la lithosphère en plaques rigides** qui bougent les unes par rapport aux autres en glissant sur l'asthénosphère.

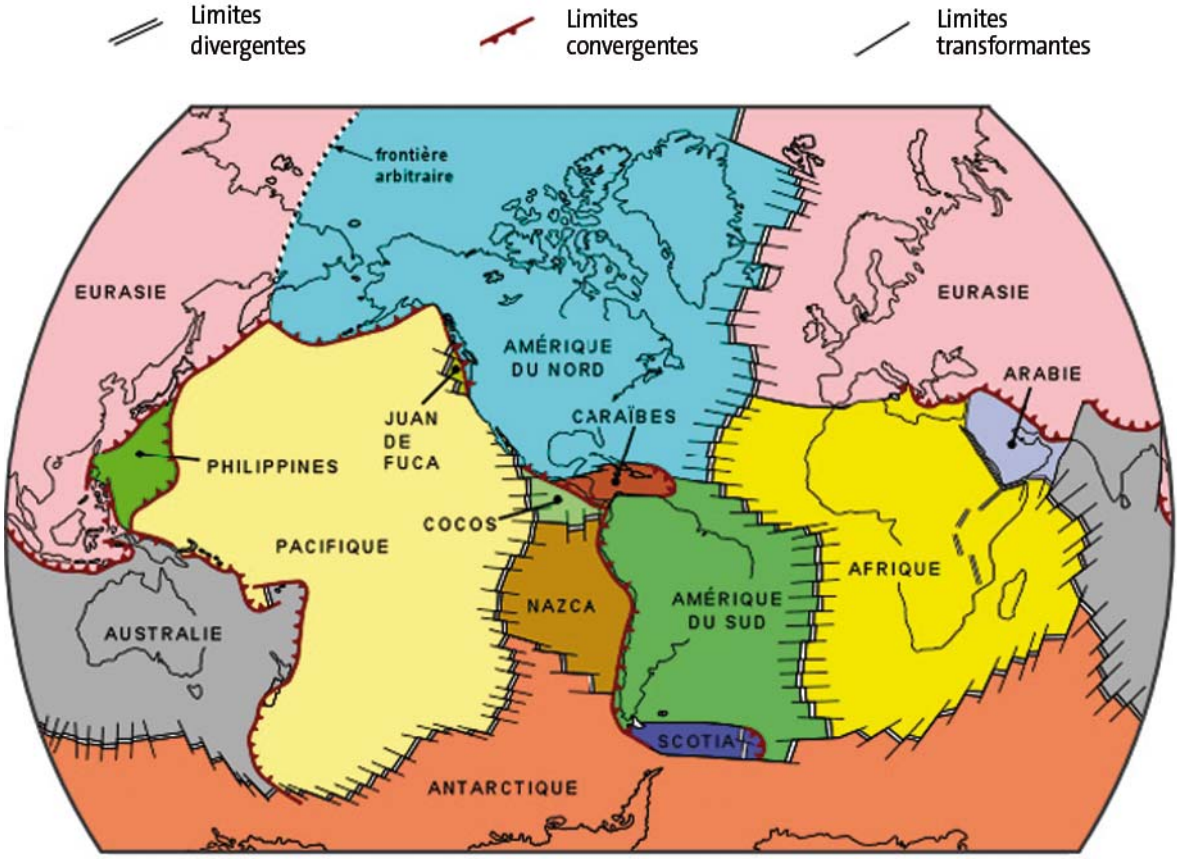


© BRGM IM@GÉ

RETOUR AU SOMMAIRE

La lithosphère est ainsi découpée en 12 grandes plaques et d'autres plus petites.

Les plaques lithosphériques



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

Zone en divergence :

La distension entre deux plaques provoque un amincissement à l'échelle de la croûte et la création de rift (exemple grand rift africain).

Si cette distension se poursuit, elle aboutira à la séparation de la plaque en deux parties et à la création d'un océan. La dorsale médio-océanique sera le siège de la création de la nouvelle croûte océanique.

Zone en convergence :

En premier lieu, c'est l'enfoncement d'une plaque sous une autre plaque, c'est-à-dire la subduction généralement de la plaque océanique (plus lourde) sous la plaque continentale (exemple de la subduction de la plaque pacifique sous la plaque eurasienne).

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 eurasienne, à l'origine de la formation de la chaîne himalayenne.

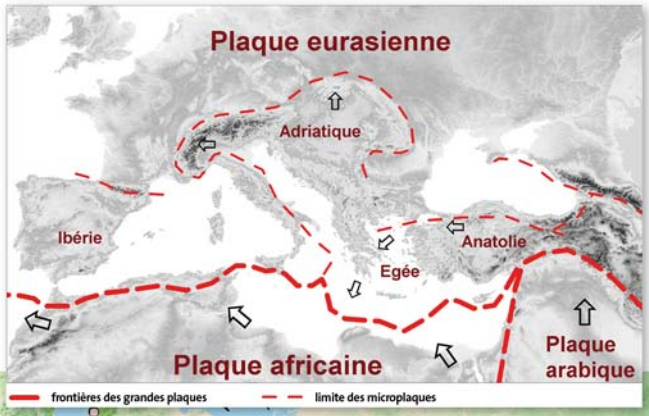
Zones transformantes :

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 Andreas en Californie.

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 *[PS4]* se produisent au niveau des frontières de plaques.

RETOUR AU SOMMAIRE

La convergence Afrique - Eurasie



Le bassin méditerranéen est le lieu de rencontre de deux grandes plaques continentales : Afrique et Eurasie.
Le Sud-Est de la France, bien qu'éloigné de la frontière des deux grandes plaques, subit néanmoins des contrecoups de cette convergence.

Ce mouvement de convergence entre les plaques Eurasie et Afrique a démarré il y a environ 70 millions d'années et se poursuit aujourd'hui. Il se traduit par des zones *[PS1]* :
a) **de subduction** en Méditerranée centrale (arcs égéen et tyrrhénien),
b) **de collision** en Méditerranée occidentale (chaîne de l'Atlas et chaîne alpine) et, plus localement,
c) **de coulissement** (faille nord anatolienne) ou de **distension** (mer Égée).

Entre les deux grandes plaques continentales Afrique et Eurasie, des microplaques sont prises en étau : Adriatique, Ibérie, Égée et Anatolie.

Ce mouvement général de convergence augmente d'Ouest en Est, passant de **0,4 à 1 cm/an en Méditerranée occidentale à 3 à 4 cm/an en Méditerranée orientale**. Ceci se traduit par une activité sismique plus soutenue et plus intense à l'Est du bassin méditerranéen.

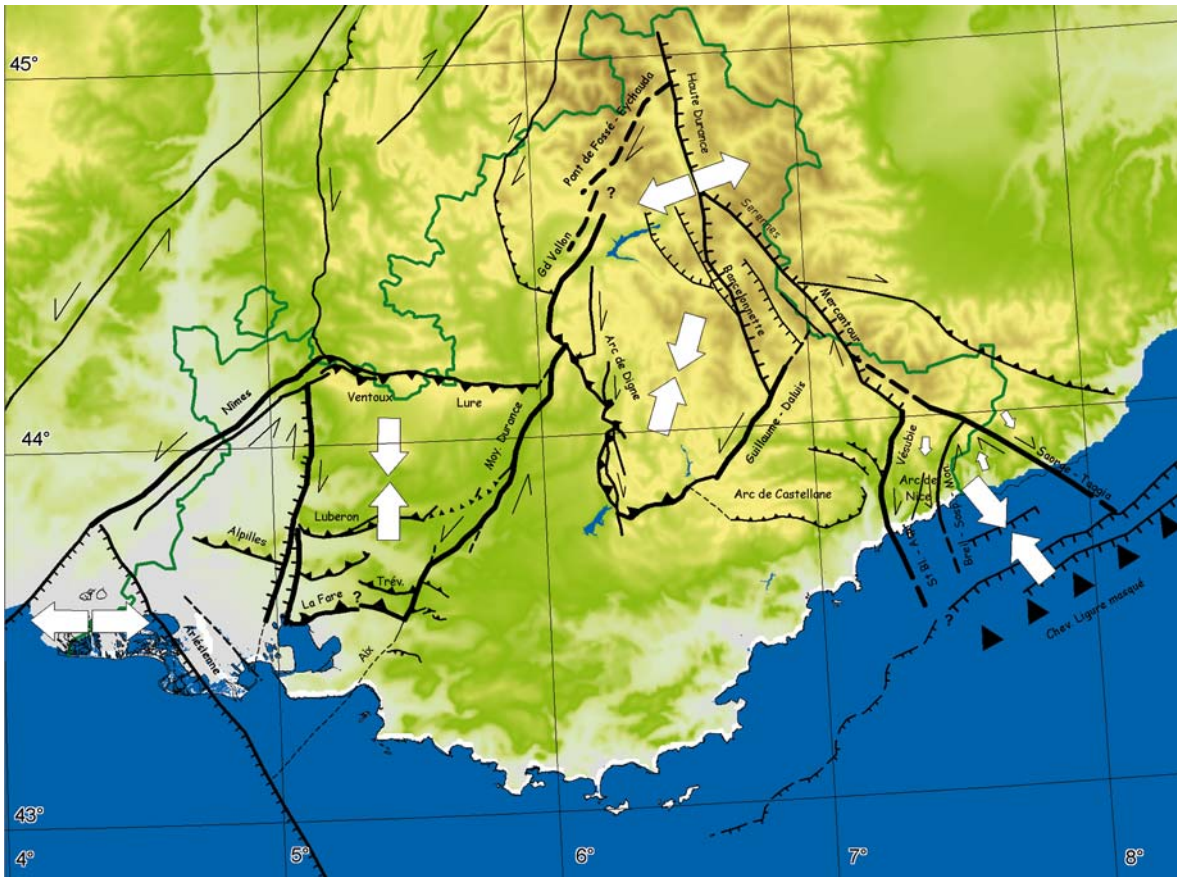
RETOUR AU SOMMAIRE

L'affrontement entre les deux grandes plaques Afrique et Eurasie 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. On y observe des mouvements de type **compressifs ou distensifs** *[PS3]*.

Les premiers (failles inverses, chevauchements *[PS3]*) expriment un mouvement de surrection de la chaîne, celui-ci pouvant atteindre localement 1 mm/an.

A l'inverse, la croûte très épaisse a tendance à s'effondrer sur elle-même et à s'amincir d'où la déformation distensive (failles normales *[PS3]*) enregistrée par endroit ; ce type de déformation est dénommé "forces de volume".

Des **mouvements à coulissement horizontal** expriment par contre un type de déformation intermédiaire entre les deux précédents.



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).

Le Sud-Est de la France est ainsi fracturé en plusieurs blocs qui bougent les uns par rapport aux autres. Ces mouvements se font le long des failles. Ils peuvent être de type *[PS3]* :

- compressif (chevauchement des blocs les uns sur les autres, failles chevauchantes),
- distensif (éloignement des blocs les uns par rapport aux autres, failles normales),
- coulissant (ou décrochant, failles décrochantes).

Il peut aussi exister des mouvements intermédiaires de type compressif-décrochant ou distensif-décrochant.

RETOUR AU SOMMAIRE

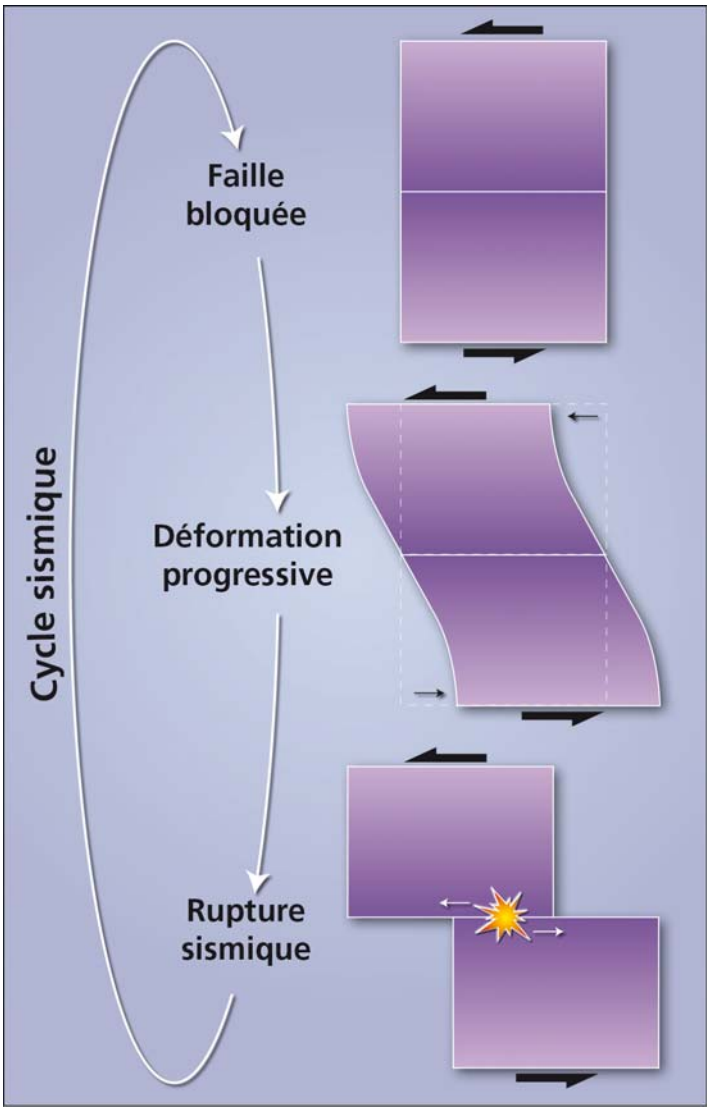
Les failles

Les déplacements des plaques lithosphériques s'effectuent par l'intermédiaire de mouvements le long de plans de faille où se concentrent les forces tectoniques.

Les failles sont des **cassures de la lithosphère terrestre rigide** *[PS1]* accompagnées d'un **déplacement** relatif des deux compartiments.

Il y a fondamentalement deux types de contraintes ou forces tectoniques qui déforment les roches : les contraintes de compression et celles de tension. Dans la **compression**, les forces convergent. Dans la **tension**, les forces divergent et ont pour effet d'étirer le matériel.

Le plan de faille entre deux blocs est une zone "rugueuse" sur laquelle le glissement ne s'effectue pas facilement. Alors que les deux blocs veulent glisser le long l'un de l'autre, la faille est une surface de friction qui peut bloquer le mouvement.
Il se produit donc une accumulation de déformation élastique entre les blocs qui bougent bien l'un par rapport à l'autre loin de la faille mais pas du tout le long de la faille.
L'accumulation des contraintes se poursuit jusqu'à atteindre une valeur critique que les roches ne peuvent plus supporter. Il se produit alors une **rupture brutale**. Les roches se détendent : c'est le **séisme**.
A la fin du tremblement de terre, les contraintes s'accumulent de nouveau le long de la faille jusqu'à atteindre un nouveau seuil provoquant une nouvelle rupture : ces successions de phase d'activité et d'accalmie constituent le **cycle sismique**.

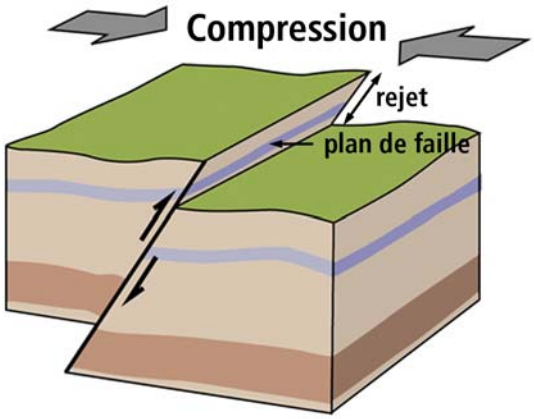


Au moment d'un séisme, il est possible que des petits déplacements aient lieu quelques temps avant le séisme qui se prépare. Ce sont des mouvements pré-sismiques, appelés **précurseurs**.

Il se peut aussi que le séisme ne rattrape pas toute la déformation accumulée, mais seulement une partie. Dans ce cas, il y a une déformation post-sismique qui s'étale sur un certain temps après le séisme. On parle alors de **répliques**.

Il existe 3 grands types de failles :

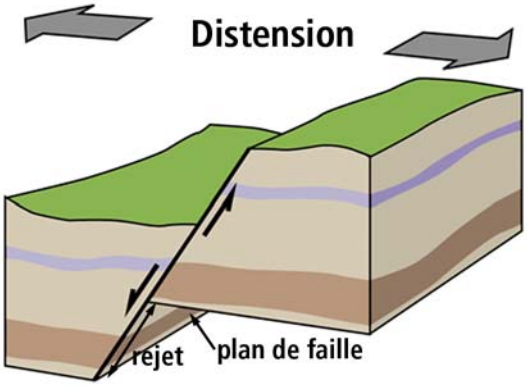
Faille inverse ou chevauchante



© M. Terrier

Exemple d'une faille inverse dans le chaînon de la Nerthe, Nord-Ouest de Marseille

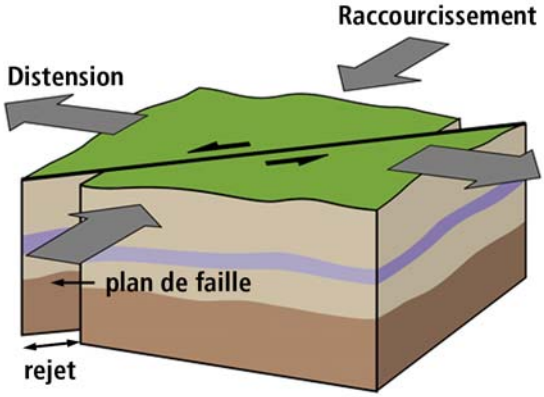
Faille normale



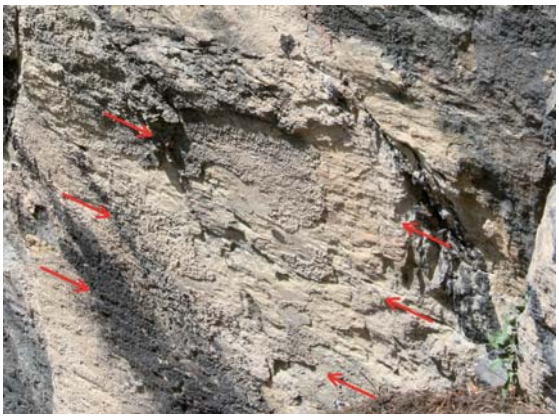
© M. Terrier

Exemple d'une faille normale au Nord-Ouest de Marseille (Vallon de l'Estaque)

Faille décrochante



Le rejet de la faille correspond au décalage des deux compartiments. En cas de rupture sismique, cette valeur est proportionnelle à l'énergie dissipée, c'est-à-dire la magnitude *[PS5]*.



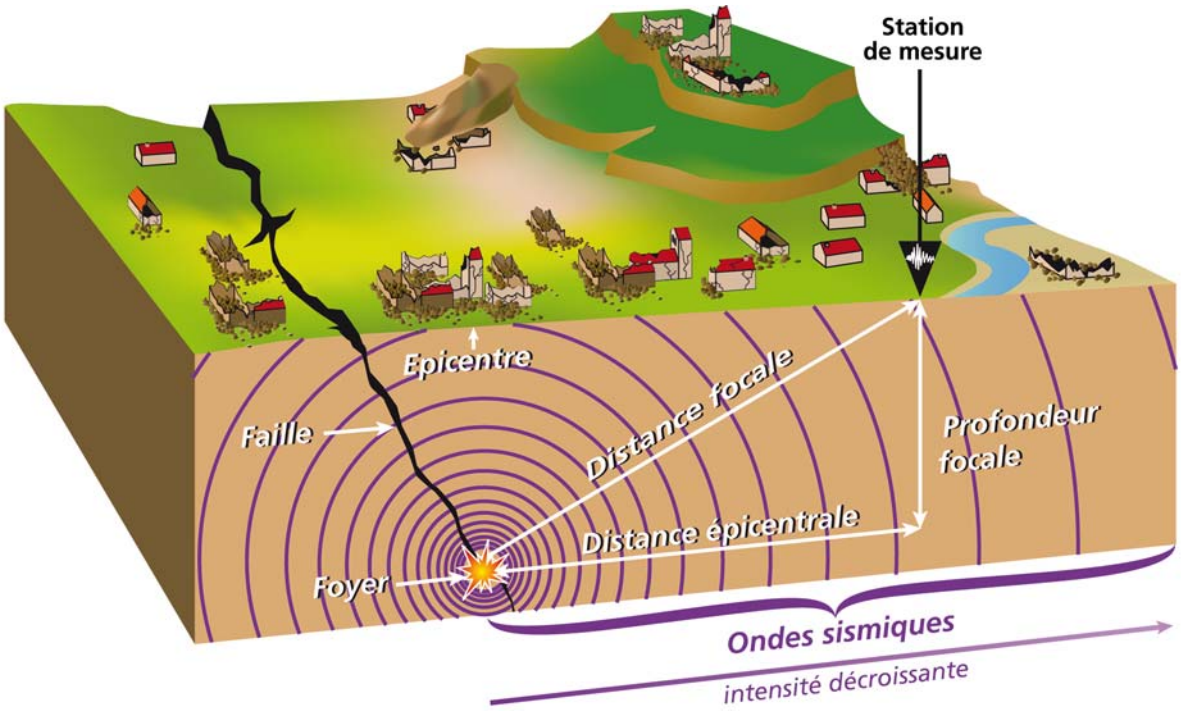
© M. Terrier

Stries (ou rayures) de la surface de faille indiquant un coulissement horizontal le long du plan. Exemple d'un plan du système faillé de la Haute Durance (Lieu : Saint Martin de Queyrières, Hautes Alpes)

RETOUR AU SOMMAIRE

Les séismes

Un séisme (ou tremblement de terre) est provoqué par une rupture brutale des roches le long d'un plan de faille. Cette rupture génère des ondes sismiques. Le passage des ondes à travers le sol provoque des vibrations qui peuvent être ressenties à la surface.



Foyer (ou hypocentre) : point à l'intérieur de la terre considéré comme l'origine de l'énergie dissipée par le séisme. Il correspond à la portion du plan de faille où se produit la rupture et où débute la propagation initiale des ondes.

Ondes sismiques : vibrations dues au mouvement du sol généré par le séisme.

Distance focale (ou hypocentrale) : distance entre le foyer d'un séisme et un point donné de la surface de la Terre.

Profondeur focale : distance entre le foyer d'un séisme et l'épicentre.

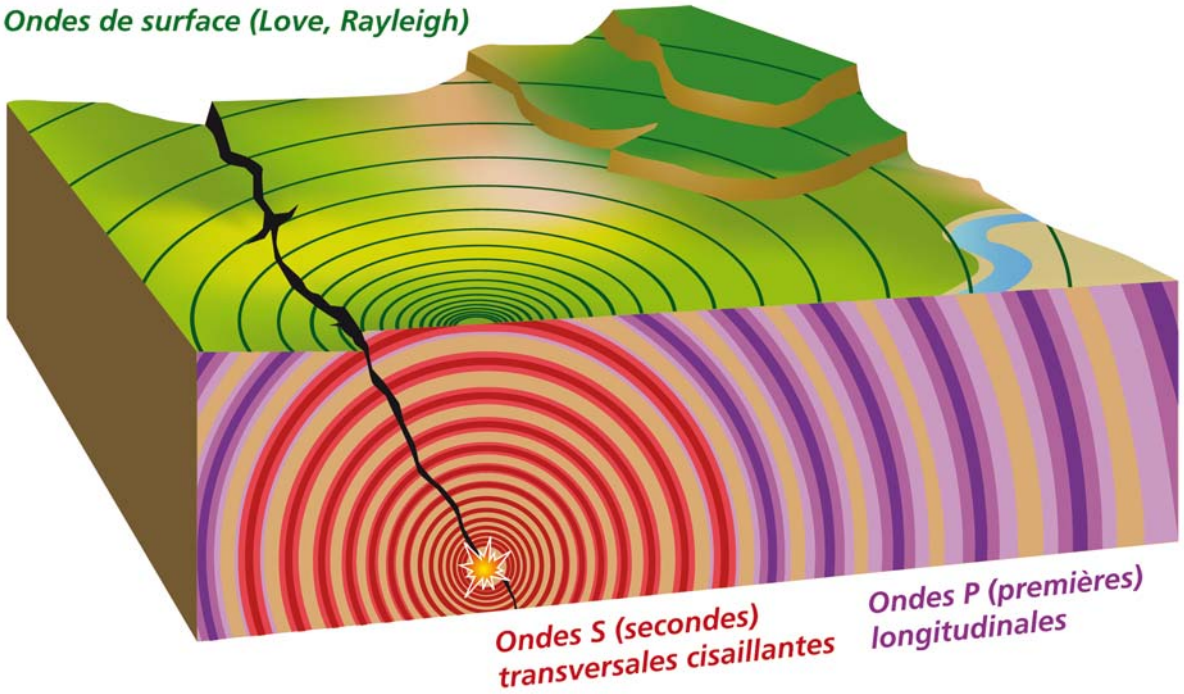
Epicentre : point de la surface du sol situé à la verticale du foyer d'un séisme.

Distance épicentrale : distance entre l'épicentre et un point donné de la surface de la Terre.

Magnitude : grandeur obtenue par la mesure de l'amplitude des ondes enregistrées par un sismographe ; la magnitude fournit une estimation de l'énergie dissipée au foyer sous forme d'ondes sismiques. Elle donne aussi une indication sur la taille de la surface de la faille qui a rompu *[PS5 et PS6]*.

Intensité : évaluation en une zone limitée de la surface du sol des effets d'un séisme, sur des bases statistiques, par référence aux critères d'une échelle descriptive. Ces effets sont notés sur les personnes, les constructions ou l'environnement *[PS7]*.

RETOUR AU SOMMAIRE



Au moment du relâchement brutal des contraintes de la croûte terrestre [PS3], deux grandes catégories d'ondes peuvent être générées. Il s'agit des ondes de volume qui se propagent à l'intérieur de la terre et des ondes de surface qui se propagent le long des interfaces.

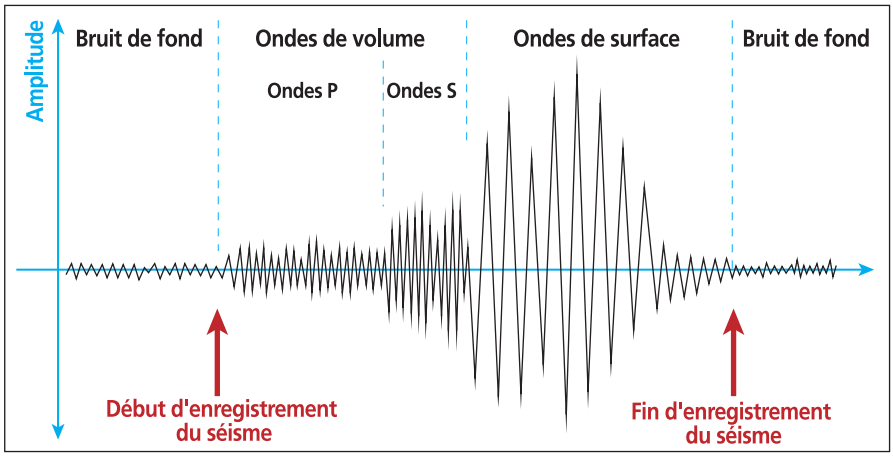
Les ondes de volume se propagent un peu comme les rayons lumineux : elles peuvent être réfléchies ou réfractées, c'est-à-dire déviées à chaque changement de milieu (au passage manteau-noyau par exemple). Dans les ondes de volumes, on distingue :

- **Les ondes P ou ondes primaires** appelées aussi ondes de compression ou ondes longitudinales. Le déplacement du sol qui accompagne leur passage se fait par des dilatations et des compressions successives. Elles se déplacent parallèlement à la direction de propagation de l'onde. Ce sont les plus rapides (6 km/s près de la surface) et donc les premières à être enregistrées sur les sismographes. Elles sont responsables du grondement sourd que l'on peut entendre au début d'un tremblement de terre.

- **Les ondes S ou ondes secondaires** appelées aussi ondes de cisaillement ou ondes transversales. À leur passage, les mouvements du sol s'effectuent perpendiculairement au sens de propagation de l'onde à la manière d'un tamis. Ces ondes ne se propagent pas dans les milieux liquides, elles sont en particulier arrêtées par le noyau externe de la Terre. Leur vitesse est de 4 km/s. Elles apparaissent en second sur les sismogrammes.

- Lorsque les ondes de volume se réfléchissent sur des surfaces de discontinuité (et notamment sur la surface du globe), elles interfèrent et génèrent des **ondes de surface**. Celles-ci sont alors canalisées le long de la surface où elles concentrent le maximum d'énergie. Leur effet est comparable aux rides formées à la surface d'un lac. Elles sont moins rapides que les ondes de volume mais leur amplitude est généralement plus forte.

Représentation schématique d'un sismogramme



Un **sismogramme** (ou **séismogramme**) est une représentation graphique de l'enregistrement d'une onde sismique, réalisé au moyen d'un sismographe (ou sismomètre). *[PS6]*

RETOUR AU SOMMAIRE

La sismicité instrumentale et la magnitude des séismes

La puissance d'un tremblement de terre peut être quantifiée par sa magnitude. Cette dernière caractérise l'énergie libérée par le séisme et permet donc de comparer les séismes entre eux.

La magnitude se calcule à partir des différents types d'ondes sismiques enregistrées par les sismographes *[PS4]*, *[PS6]*. La magnitude de Richter est l'échelle la plus connue. A ce jour, le séisme le plus violent enregistré est celui du Chili, en 1960.

Sur l'échelle de Richter, **augmenter la magnitude d'une unité équivaut à multiplier par 30 l'énergie libérée** par la rupture. Cette échelle permet aussi d'apprécier les dimensions de la faille activée (coulissage moyen ou rejet, et longueur du coulissage). *[PS3]*

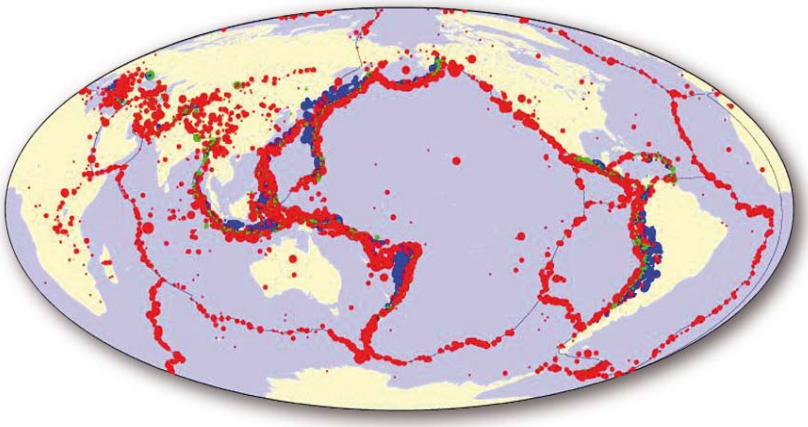
Les séismes enregistrés les plus puissants depuis 1900

Chili, 1960, ... M = 9,5
Sumatra, 2004, ... M = 9,3
Alaska, 1964, ... M = 9,2
Alaska, 1957, ... M = 9,1
Kamchatka, 1952, ... M = 9,0
Équateur, 1906, ... M = 8,8
Alaska, 1965, ... M = 8,7
Sumatra, 2005, ... M = 8,7
Tibet, 1950, ... M = 8,6
Kamtchatka, 1923, ... M = 8,5
Indonésie, 1938, ... M = 8,5
Îles Kouriles, 1963, ... M = 8,5
Chili, 1939, ... M = 8,3
Chili, 1906, ... M = 8,2

Magnitude	Énergie libérée	Durée de la rupture	Valeur moyenne du rejet	Longueur moyenne du coulissage	Nombre de séismes par an dans le monde (ordre de grandeur)
9	E x 30^5	250 s	8 m	800 km	1 tous les 10 ans
8	E x 30^4	85 s	5 m	250 km	1
7	E x 30^3	15 s	1 m	50 km	10
6	E x 30^2	3 s	20 cm	10 km	100
5	E X 30	1 s	5 cm	3 km	1 000
4	E	0,3 s	2 cm	1 km	10 000
3	E / 30				> 100 000
2	E / 30^2				
1	E / 30^3				

La fréquence annuelle des séismes enregistrés dans le monde varie en fonction de leur magnitude. Ainsi, plusieurs centaines de milliers de secousses de magnitude égale à 3,0 sont enregistrées annuellement pour en moyenne une centaine de séismes de magnitude proche de 6,0, et un séisme de magnitude voisine de 8,0.
En France, on dénombre en moyenne une vingtaine de séismes de magnitude supérieure à 3,5 par an.

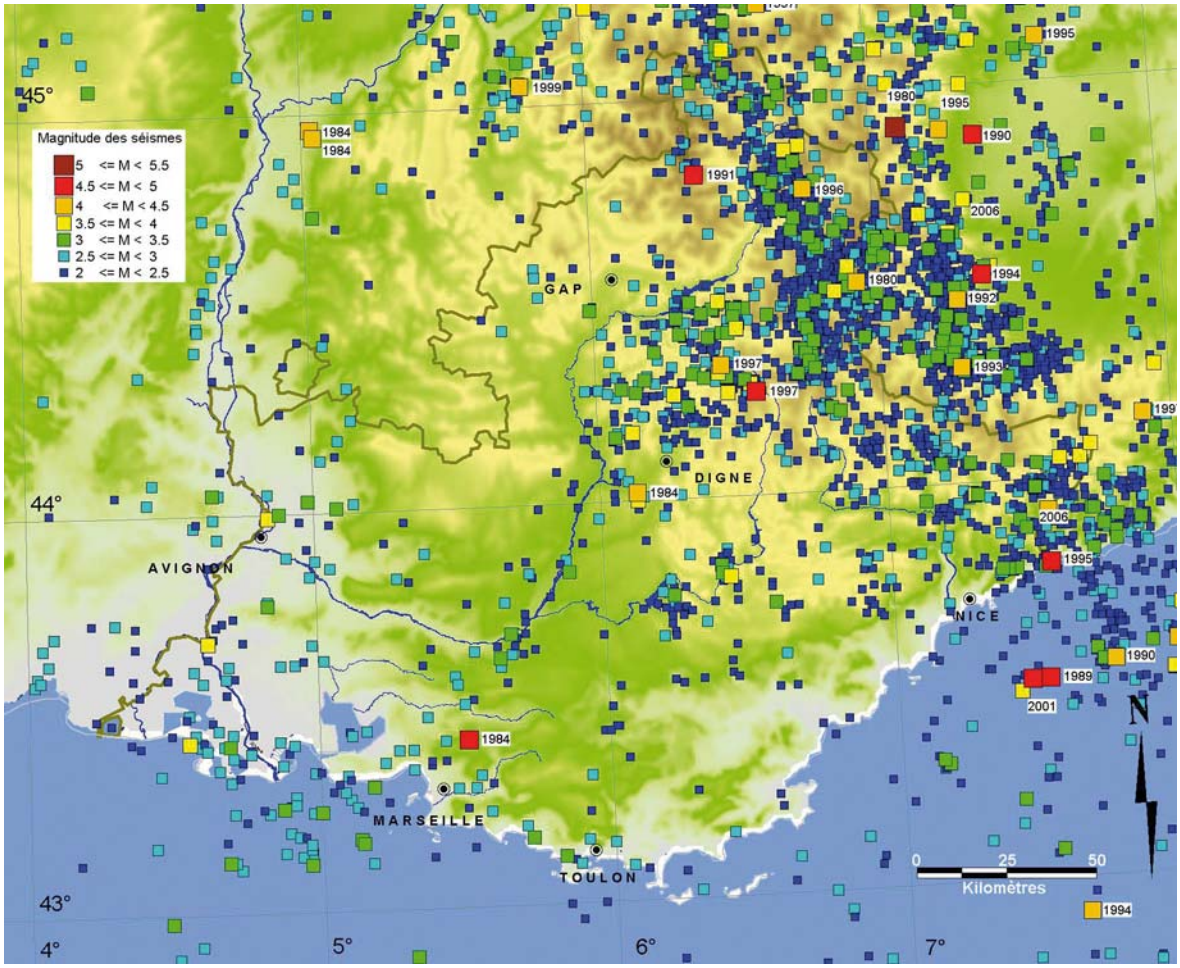
Répartition mondiale des séismes



La sismicité enregistrée au niveau de la région PACA est qualifiée de moyenne au regard d'autres parties du globe et notamment du bassin méditerranée (Grèce, Turquie, Sud de l'Italie, Maghreb).

La magnitude des séismes enregistrés ces quatre dernières décennies en région PACA reste inférieure à 5,0. Néanmoins, proche de la région, le 23 juillet 1963, un séisme de magnitude entre 5,7 et 6,0 a été enregistré à environ 80 km au large de San Remo.

Les zones alpine (Briançonnais, Embrunnais, Ubaye, Mercantour), des Alpes maritimes, au large de la côte d'Azur (Mer Ligure), et des environs de Digne et de Castellane correspondent à des secteurs où la sismicité est plus fréquente ou de magnitude généralement plus élevée que dans le reste de la région PACA.



Depuis janvier 2003, plusieurs milliers de petites secousses ont été enregistrées dans la région de la Haute vallée de l'Ubaye. Leur magnitude n'a pas dépassé 3.

Depuis quelques décennies, les Alpes maritimes et la Ligurie enregistrent un séisme de magnitude supérieure à 4,0 tous les 5 à 6 ans. Le dernier enregistré est celui du 2 septembre 2006, de magnitude 4,2 localisé dans l'arrière pays de Vintimille.

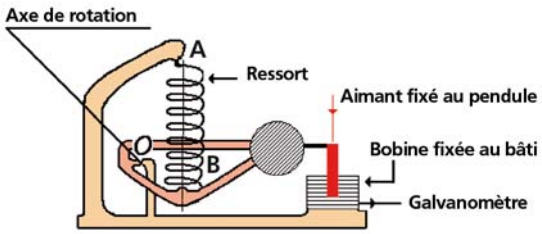
La profondeur focale des séismes enregistrés en région PACA est en général comprise entre 5 km et 20 km. Il s'agit donc d'une sismicité superficielle, l'essentiel des ruptures sismiques étant initié dans la partie supérieure de la lithosphère.

RETOUR AU SOMMAIRE

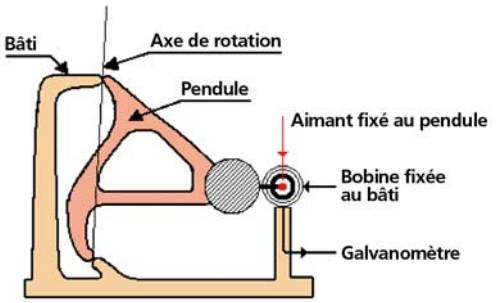
Les réseaux d'enregistrement de la sismicité

Les ondes sismiques émises lors d'un séisme sont détectées par des appareils de mesure appelés sismomètres. La région PACA bénéficie de plusieurs réseaux d'enregistrements.

Un sismomètre est un détecteur de mouvements du sol. Il est constitué d'un pendule présentant une forte inertie relié à un support solidaire du sol et de ses mouvements. L'appareil possède également un amortisseur afin de restituer au mieux les mouvements du sol.
Lors du passage du train d'ondes *[PS4]*, le support se déplace tandis que le pendule reste immobile du fait de son inertie. Le mouvement relatif du pendule par rapport au support est amplifié et enregistré.
L'enregistrement du sismomètre est appelé sismogramme.
Une station sismique est composée de 3 sismomètres : 2 enregistrent les mouvements horizontaux du sol (Nord-sud et Est-ouest) et le troisième enregistre les mouvements verticaux du sol.



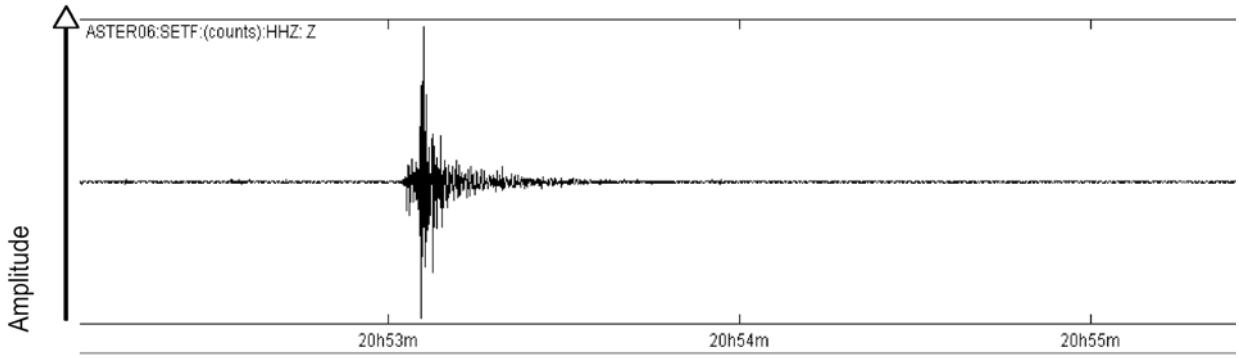
SISMOMETRE VERTICAL



SISMOMETRE HORIZONTAL

D'après : Documents pédagogiques de l'EOST, site http://eost.u-strasbg.fr/pedago/Accueil.html

Exemple de sismogramme : Séisme de magnitude 2,3 enregistré le 20 janvier 2006 à Barcelonnette par les stations du réseau sismo des écoles.



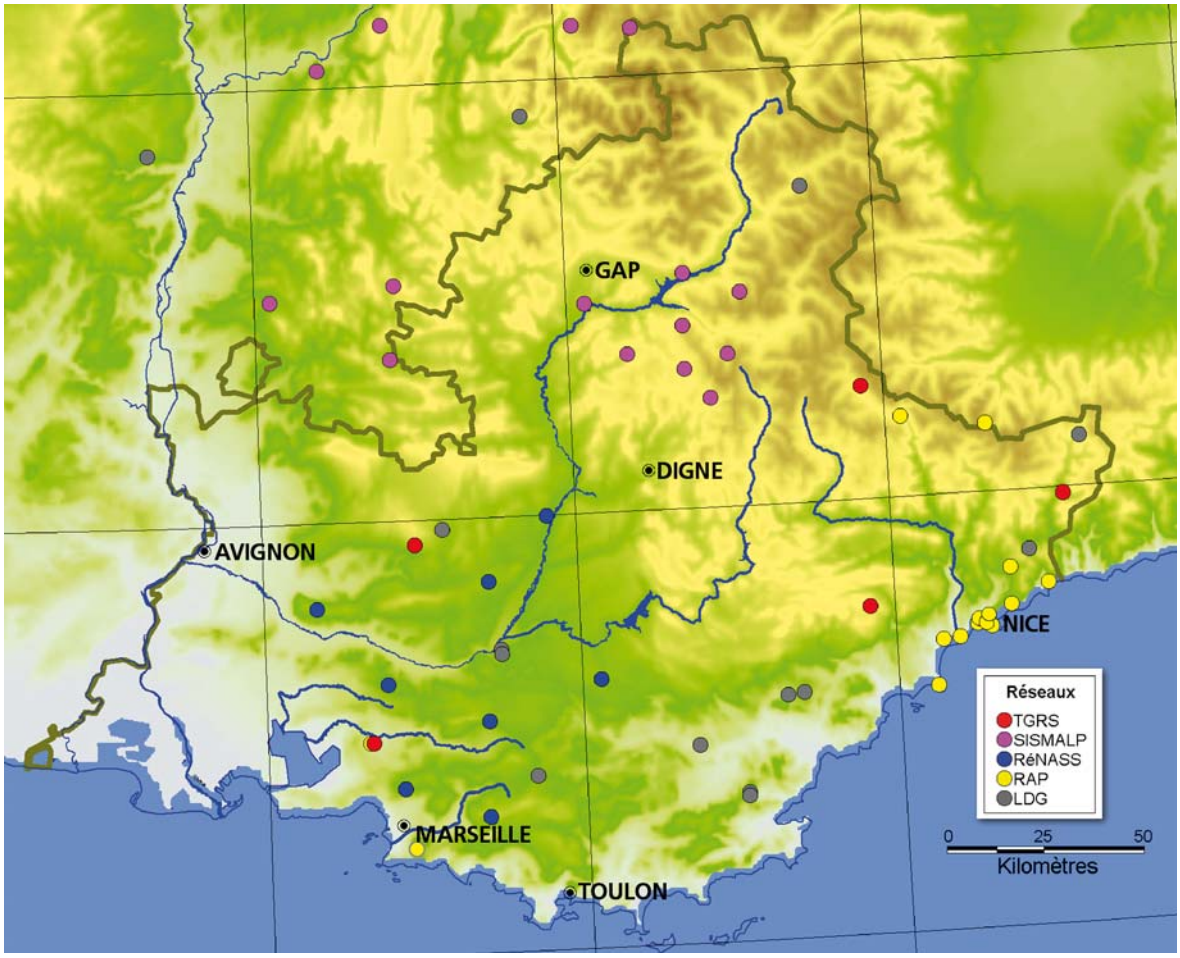
En France il existe **2 réseaux nationaux** de surveillance sismique :

- le réseau national du Laboratoire de Détection Géophysique (LDG) du Commissariat à l'Energie Atomique, créé en 1962 à des fins stratégiques militaires. Premier réseau national français, il est constitué de 30 stations ;
- le Réseau National de Surveillance Sismique (RéNASS) géré par l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg (*http://renass.u-strasbg.fr/*). 112 stations mesurent les trains d'ondes émises par les séismes.

En cas de détection d'un séisme, le RéNASS et le LDG envoient un avis d'alerte, avec les coordonnées du foyer et sa magnitude, aux services de l'État via les préfectures concernées *[PR11]*.

En plus des deux réseaux nationaux LDG et RéNASS, le Sud-Est de la France est doté de 3 autres réseaux :

- un système d'auscultation appelé **Sismalp** composé de 44 stations réparties sur les régions Rhône-Alpes, PACA et Corse (*http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/*) ;
- les réseaux d'écoute réseau **Très Grande Résolution Sismique (TGRS) et Réseau Accélérométrique Permanent (RAP)** sont gérés par les université de Nice et de Grenoble.



Par ailleurs, en région PACA, un programme éducatif appelé **"Sismo des écoles"** a été établi dans les collèges et lycées. Ce programme a pour but de sensibiliser les élèves au risque sismique. Dans ce cadre un réseau d'écoute sismique a été mis en place dans les établissements scolaires (*http://www.ac-nice.fr/svt/aster/index.htm*).

Les appareils installés dans les collèges et lycées permettent aux élèves de faire un enregistrement continu de l'activité sismique régionale voire mondiale. Les enregistrements complètent les données acquises par les autres réseaux.

La région PACA compte ainsi 6 stations de mesure installées dans des collèges et 2 stations "mobiles" qui sont hébergées temporairement par les établissements : c'est le réseau "**aster azur**".

RETOUR AU SOMMAIRE

La sismicité historique et l'intensité macrosismique

L'intensité caractérise les effets et dommages locaux causés par le séisme. Elle est en général maximale à l'aplomb du plan de faille, on parle d'intensité épicentrale. En région PACA, plusieurs secousses à l'origine de dégâts parfois importants sont décrites dans les archives historiques.

Les échelles de mesure d'intensité sont dites macrosismiques.
L'échelle la plus utilisée dans le monde pour mesurer l'intensité est l'**échelle MSK** (Medvedev, Sponheuer, Karnik, 1964).
Mais l'**échelle EMS 1998** tend à la remplacer. (European Macroseismic Scale, document complet sur le site http://www.gfz-potsdam.de/pb5/pb53/projekt/ems/fr/index_fr.htm)
L'échelle EMS 1998 est plus adaptée aux constructions actuelles. Elle a l'avantage de mieux tenir compte de la vulnérabilité de la construction d'origine.
Les échelles MSK et EMS98 comportent douze degrés. L'intensité peut s'exprimer sous forme de degré ou de demi-degré.
Concernant les séismes anciens, on considère que l'évaluation de l'intensité en degré MSK est globalement cohérente avec l'évaluation EMS98.

Echelle EMS98

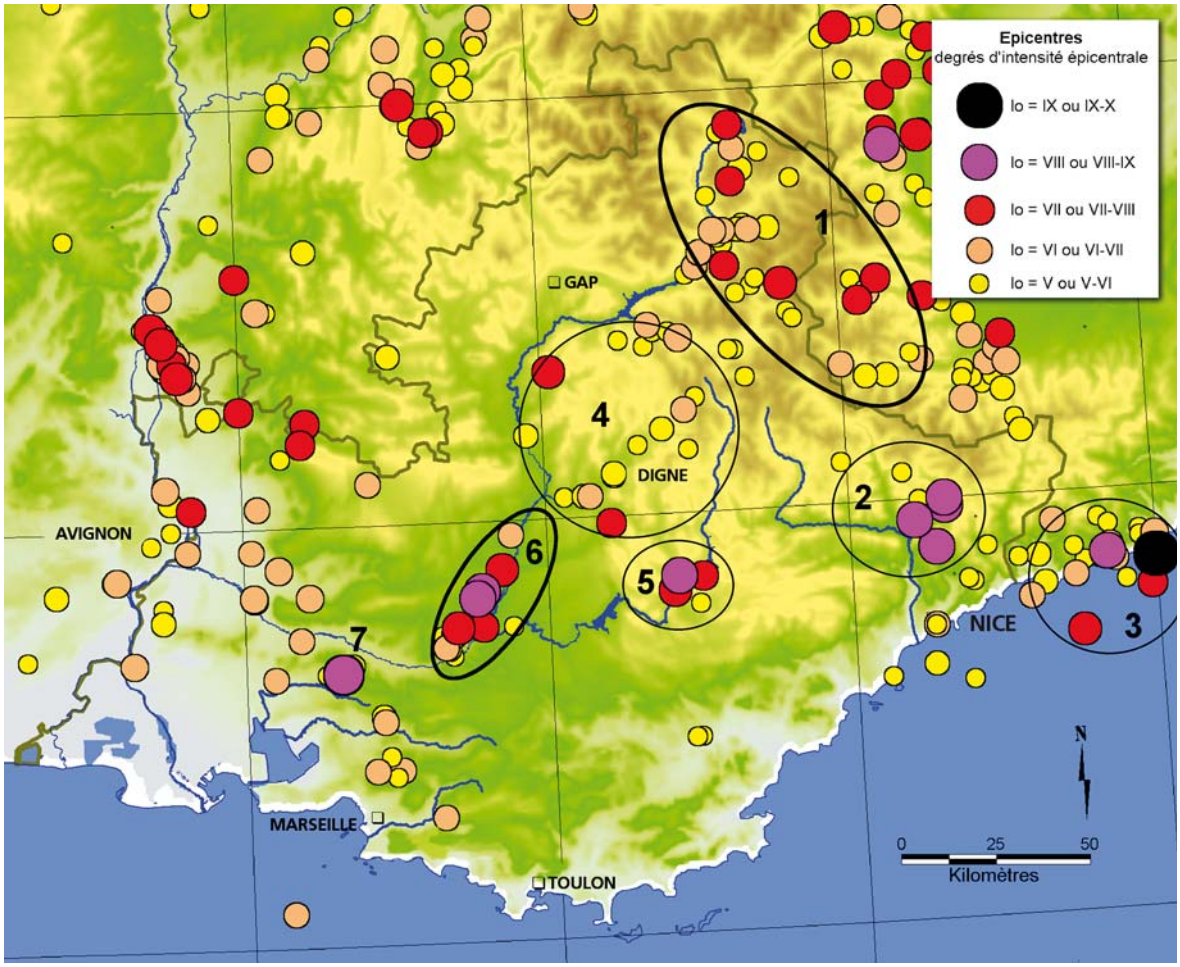
Pour éviter toute confusion entre degré d'intensité et degré de magnitude d'un séisme, la valeur d'intensité est généralement exprimée en chiffre romain, celle de la magnitude en chiffre arabe.

I	Imperceptible	
II	A peine ressenti	Ressenti seulement par quelques rares personnes au repos dans leurs habitations.
III	Faible	Ressenti par quelques personnes à l'intérieur des bâtiments. Les personnes au repos ressentent une oscillation ou un léger tremblement.
IV	Largement ressenti	Ressenti par de nombreuses personnes à l'intérieur des bâtiments, par quelques rares personnes à l'extérieur. Quelques personnes endormies sont réveillées. Les fenêtres, les portes et la vaisselle font un bruit de tremblement.
V	Fort	Ressenti par la plupart des personnes à l'intérieur des bâtiments, par quelques personnes à l'extérieur. De nombreux dormeurs sont réveillés. Quelques personnes sont effrayées. Les bâtiments tremblent dans toute leur structure. Les objets suspendus oscillent nettement. Les petits objets sont déplacés. Les portes et les fenêtres s'ouvrent et se ferment.
VI	Dégâts légers	De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent à l'extérieur des bâtiments. Quelques objets tombent. Quelques maisons subissent de légers dégâts non structuraux (légères fissures, chute de petits morceaux de plâtre).
VII	Dégâts	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent à l'extérieur des bâtiments. Le mobilier est déplacé et les objets tombent des étagères en grand nombre. De nombreux bâtiments bien construits subissent des dégâts modérés (petites fissures dans les murs, chutes de plâtre, chutes partielles de cheminées). Des bâtiments plus anciens présentent des fissures dans les murs et des désordres au niveau des cloisons.
VIII	Dégâts importants	De nombreuses personnes éprouvent des difficultés à se tenir debout. De nombreuses maisons présentent des crevasses dans les murs. Quelques bâtiments bien construits présentent des désordres au niveau des murs, tandis que d'autres bâtiments plus anciens s effondrent partiellement.
IX	Destructeur	Panique générale. De nombreuses constructions s'effondrent. Même les bâtiments bien construits présentent des dégâts très importants (désordres au niveau des murs et effondrement partiel des structures).
X	Très destructeur	De nombreux bâtiments pourtant bien construits s'effondrent.
XI	Catastrophe	La plupart des bâtiments bien construits s'effondrent. Quelques bâtiments construits selon les règles parasismiques sont détruits.
XII	Catastrophe complète	Presque tous les bâtiments sont détruits.

La base nationale **SisFrance** compte environ 6 000 séismes ressentis depuis plus de mille ans sur la métropole française.
Le plus ancien séisme daté et localisé en France remonte à l'an 463.
Plus de 10 000 références bibliographiques ont permis de constituer cette base.

Cette base est gérée par le BRGM, en collaboration avec EDF et l'IRSN.
Elle est consultable sur Internet, à l'adresse : http://www.sisfrance.net/.

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



Parmi les évènements sismiques décrits dans les archives historiques et d'intensité épicentrale (Io) au moins égale à VII, on cite :

- Dans les Hautes Alpes (zone 1) : les séismes de 1884 (Io = VII), 1904 (Io = VII), 1935 (Io = VII), 1959 (Io = VII-VIII). *[TE6]*
- Dans les Alpes Maritimes, secteur de la Vésubie (zone 2) : les séismes de 1494 (Io = VIII), 1564 (Io = VIII), 1618 (Io=VIII), 1644 (Io = VIII). *[TE2]*
- Dans les Alpes Ligures et au large de la côte d'Azur (zone 3) : les séismes de 1831 (Io = VIII), 1854 (Io = VII-VIII), 1887 (Io = IX), 1896 (Io = VII). *[TE5]*
- Dans la région de Digne et Barcelonnette (zone 4) : les séismes de 1863 (Io = VII), 1866 (Io = VII-VIII). *[TE7]*
- Dans la région de Castellane (zone 5) : le séisme de 1855 (Io = VIII). *[TE4]*
- Dans la vallée de la Moyenne Durance (zone 6) : les séismes de 1509 (Io = VIII), 1678 (Io = VIII), 1708 (Io = VII-VIII), 1812 (Io = VII-VIII), 1913 (Io = VII-VIII). *[TE3]*
- Dans la région de le Trévaresse et des Costes (zone 7) : le séisme de 1909 (Io = VIII-IX). *[PS9]*, *[TE1]*

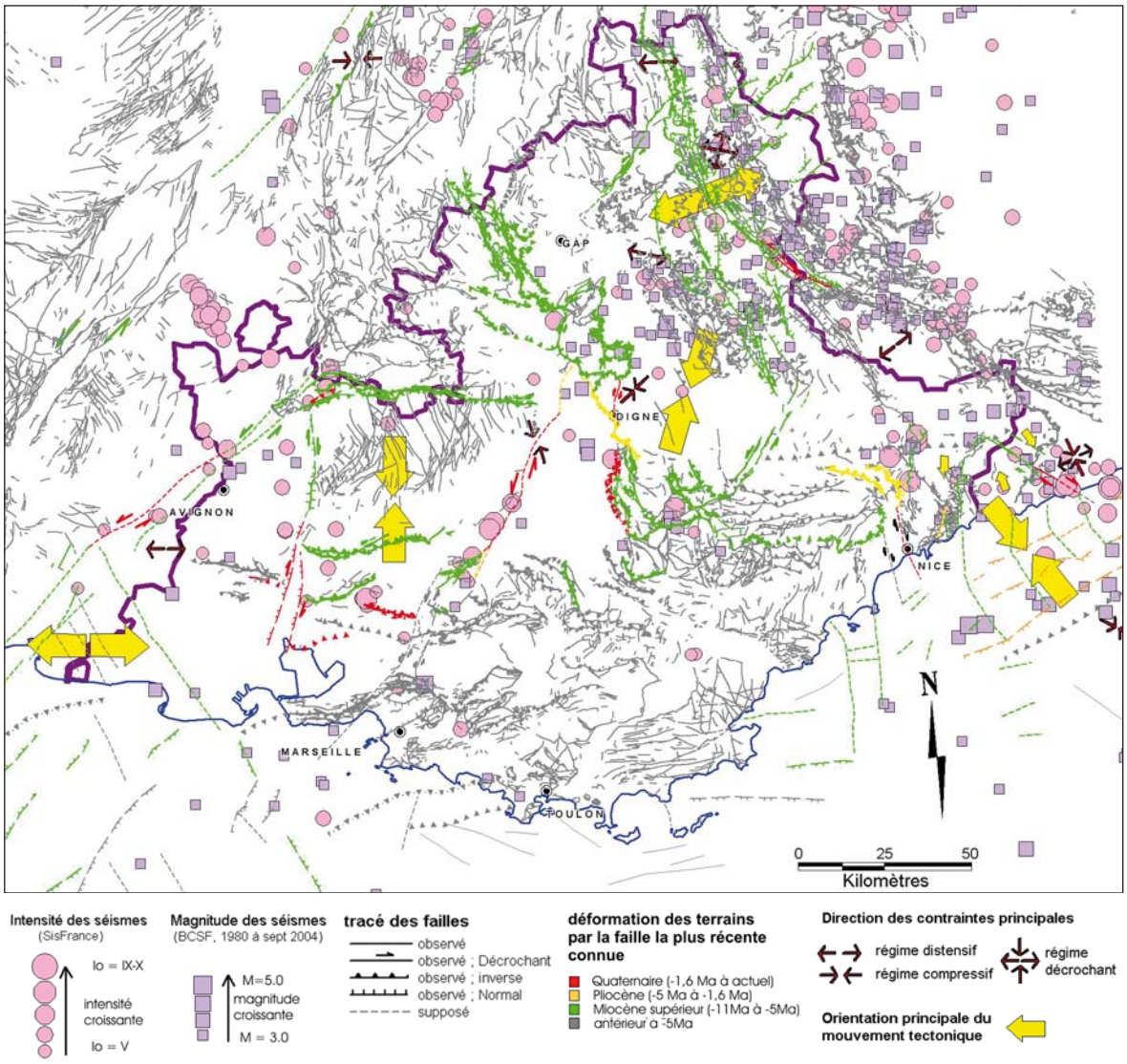
RETOUR AU SOMMAIRE

Les failles actives de la région PACA

Plusieurs failles actives sont localisées au niveau de la région PACA. Néanmoins la vitesse de déformation engendrée par ces failles reste inférieure au mm/an, c'est-à-dire bien inférieure à celle enregistrée aux frontières des plaques Afrique-Eurasie.

Une faille active est définie comme une **fracture plane** ou **légèrement gauche de l'écorce terrestre, le long de laquelle des déplacements tectoniques peuvent se produire**. La faille active peut être à l'origine de séisme, il s'agit d'une source sismique. L'étude des déformations engendrées par les failles (déformations tectoniques) *[PS3]* et les données de la sismicité *[PS4, 5, 7]* constituent des informations primordiales pour la localisation et caractérisation des failles actives. Il s'agit d'analyse **sismotectonique**.

Carte sismotectonique de la région PACA



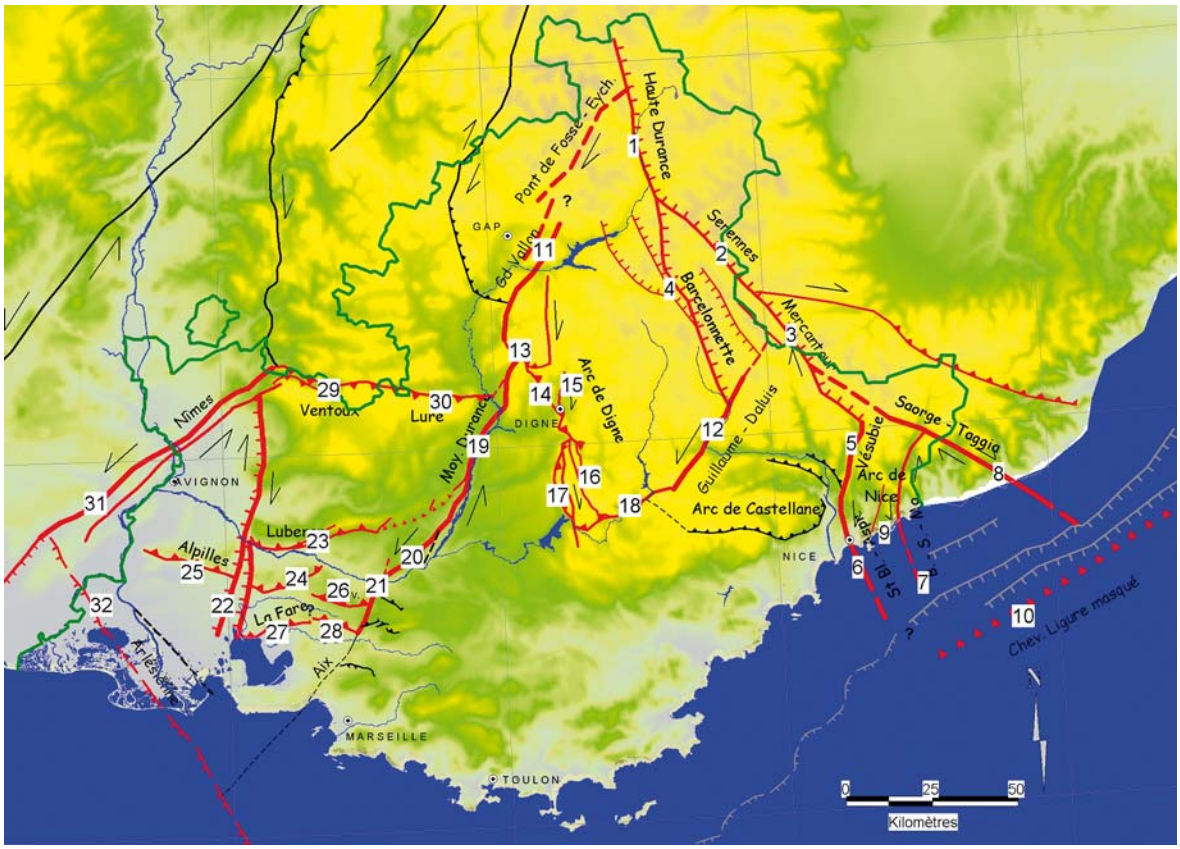
Source : M. Terrier, 2006

Lorsqu'une faille active débouche en surface, elle peut :
*a) induire des déplacements le long de la ligne de rupture ; on parle de **rupture des terrains à la surface du sol** ;*
*b) générer également des **mouvements vibratoires** dans une zone de quelques centaines de mètres de part et d'autre de cette ligne de rupture ; cet effet peut se traduire par des **amplifications** des ondes sismiques.*

La région PACA a récemment fait l'objet d'une synthèse et hiérarchisation des failles actives (*Terrier, 2006 – rapport BRGM 53 930 FR*) *[ER6]*. Un schéma de déformation actuelle y est proposé *[PS2]* et les principales failles actives de la région sont décrites :

- **Les chaînes alpines internes** sont soumises à un régime de type distensif, faisant jouer en normal des failles NW-SE à NS. Une des hypothèses retenues pour expliquer cette distension est celle des forces de volume (effondrement de la chaîne sous l'effet de son propre poids). Parmi les failles normales actives, il s'agit des systèmes de failles n° **1**, **2**, **3**, **4**.
- Au Sud-Est, **dans les Alpes maritimes**, la déformation serait contrôlée par le jeu décrochant des failles **5**, **6**, **7**, **8**.
- Par ailleurs, au large de la côte d'Azur, le plateau continental est déformé par des failles normales, elles-mêmes probablement liées à un chevauchement profond, **10**.
- **Dans les arcs subalpins**, deux grands décrochements, les systèmes de failles **11** et **12**, limitent la partie active de l'arc de Digne, avec au Nord, des failles à jeu plutôt chevauchant, **13** et **14**, et au Sud, des décro- chevauchant **15**, **16** et **17**, ou chevauchant, **18**.
- **La Provence occidentale** subit une déformation compressive orientée NS. Entre les failles décrochantes **19-20-21 et 22**, les failles subalpines **23 à 28** ont un mouvement chevauchant dirigé vers le Sud, et les failles **29 et 30** vers le Nord.
- Par contre plus à l'Ouest, **le Bas Rhône et la Camargue** restent soumis à une distension ; la partie sud du système 31 et peut-être aussi le système de failles 32 peuvent rejouer avec un mouvement normal.

Carte des failles actives majeures de la région PACA



Source : M. Terrier, 2006

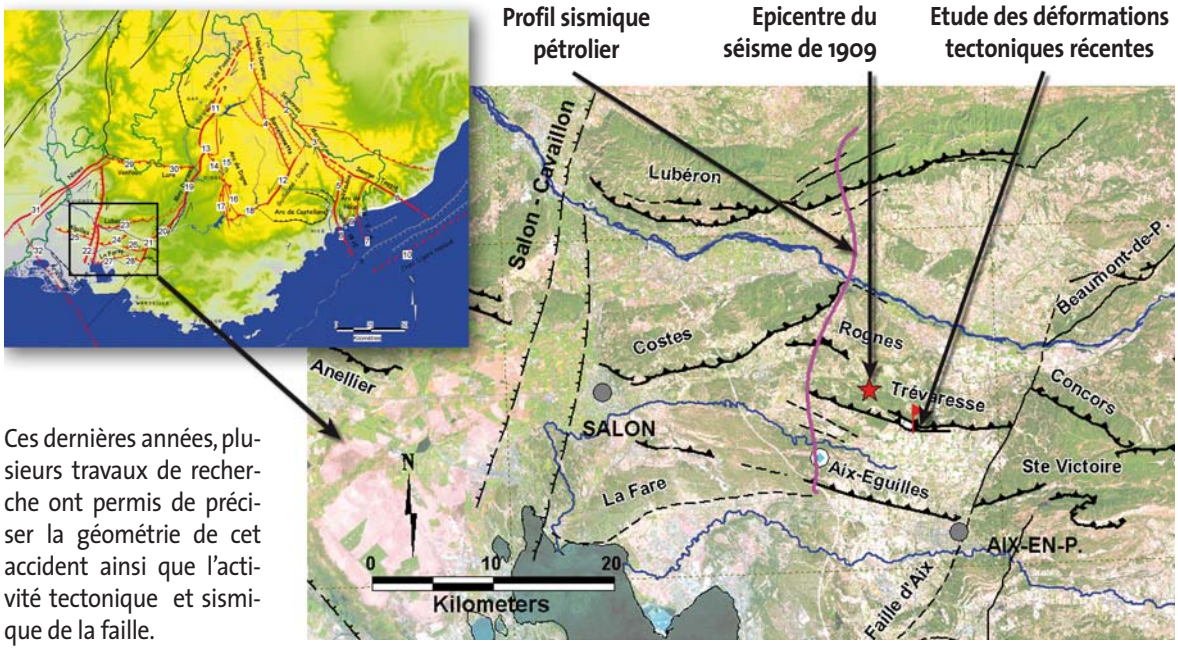
1	*Haute Durance*	9	*Blausacs*	16	*Le Poil*	25	*Alpilles*
2	*Serennes*	10	*Chevauchement ligure*	17	*Moustiers*	26	*Trévaresse*
3	*Argentera*	11	*Eychauda - Pont-de-Fossé -Grand Vallon*	18	*Chasteuil-Taloire*	27	*La Fare*
4	*Barcelonnette*	12	*Guillaume-Daluis*	19	*La moyenne Durance*	28	*Aix-Eguilles*
5	*Vésubie*	13	*Valavoire*	20	*Beaumont-de-Pertuis*	29	*Ventoux*
6	*Saint-Blaise-Aspremont*	14	*La Robine*	21	*Aix-en-Provence*	30	*Lure*
7	*Breil-Sospel-Monaco*	15	*Le Bès*	22	*Salon-Cavaillon*	31	*Nîmes*
8	*Saorge-Taggia*			23	*Lubéron*	32	*Arlésienne*
				24	*Costes*		

L'activité des failles de la région PACA est relativement modérée en comparaison avec celles situées à la limite des deux grandes plaques Afrique – Eurasie. Il s'agit d'une déformation de type intracontinentale. Concernant le Sud-Est de la France, pour une faille donnée, la période de retour d'un séisme de magnitude supérieure à 6,0 (c'est-à-dire capable d'engendrer une rupture à la surface du sol supérieure à 20 cm de rejet *[PS5]*) reste supérieure au millier d'années.

RETOUR AU SOMMAIRE

La faille de la Trévaresse, un exemple de faille active

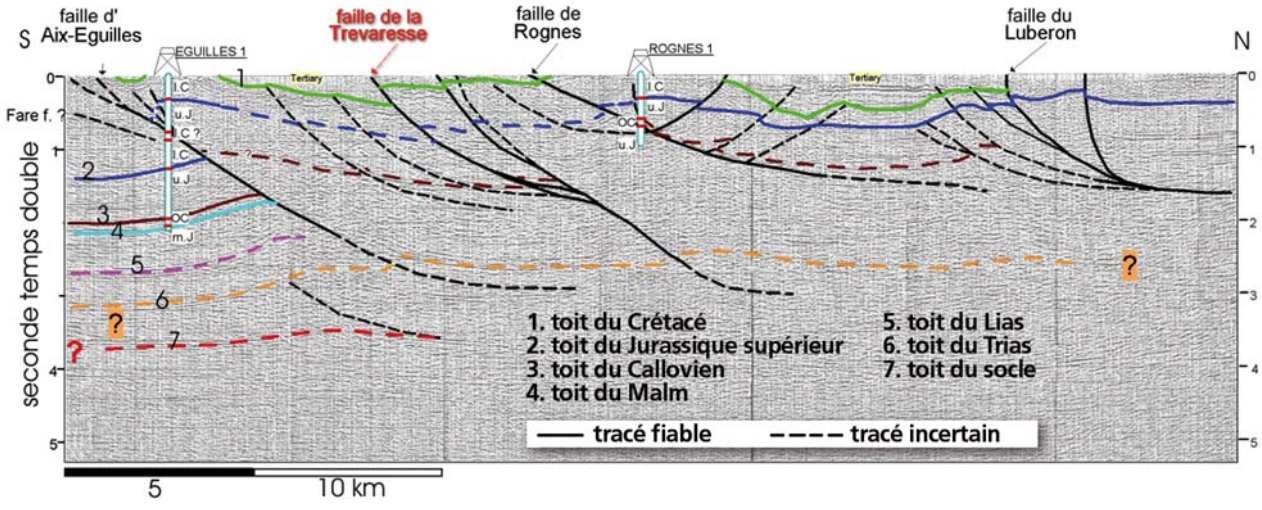
La faille de la Trévaresse correspond à une des failles les plus actives de la région PACA. En 1909 c'est le mouvement inverse ou chevauchement de la faille [PS3] de la Trévaresse qui serait à l'origine du séisme. [TE1]



Ces dernières années, plusieurs travaux de recherche ont permis de préciser la géométrie de cet accident ainsi que l'activité tectonique et sismique de la faille.

La structure géologique

Pour obtenir une image de la croûte à plusieurs km de profondeur, un profil sismique a été réalisé à l'aplomb de la faille de la Trévaresse par la Compagnie Générale de Géophysique (CGG) dans les années 80. Le retraitement des enregistrements et la récente interprétation ce celui-ci (*Terrier, 2006*) ont permis de montrer l'importance de cet accident dans la structuration tectonique de cette partie de la Provence et de connaître le prolongement de la faille en profondeur. La faille de la Trévaresse se trouve sous le massif de la Trévaresse et émerge au pied de son versant sud. Son orientation est Ouest Nord Ouest – Est Sud Est. Le plan de faille doit s'enraciner vers 7 à 8 kilomètres de profondeur dans des formations riches en sel datées entre -245 à -205 millions d'années (période triasique). Le plan de faille pend vers le nord selon un angle de 45° avec une surface horizontale.



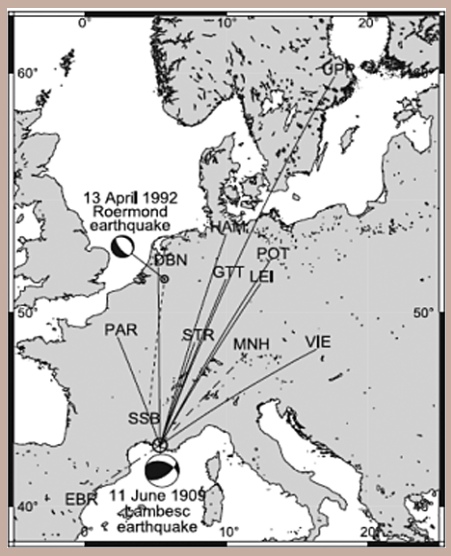
Interprétation du profil sismique pétrolier passant à la verticale de la faille de la Trévaresse.

D'après Terrier (2006) – "Identification et hiérarchisation des failles actives de la région PACA. Phase 3", rapport BRGM 53 930 FR

Enregistrement sismique du séisme en 1909

Baroux et al. (2004) ont analysé les données enregistrées en 1909 par une vingtaine de sismographes répartis dans plusieurs pays européens. Ils démontrent le lien direct entre le séisme du 11 juin 1909 et le mouvement tectonique de la faille de la Trévaresse. Les travaux de recherche de Baroux et *al.* ont permis de calculer :

- la magnitude du séisme de 1909 : **M = 6,0**
- la profondeur focale du séisme : entre **5 et 6 km**
- le mouvement de la faille lors du séisme : **composante principale inverse**.



SALON. — RUE D'AVIGNON : *Cette rue, l'une des plus mouvementées de Salon, a été la plus éprouvée à partir du Puits-de-Moulon, et l'absence de victimes — surtout à une pareille heure — relève des faits dits miraculeux. Tous les quartiers environnants, rue Pontis, rue Suffren, rue Coutellerie, rue Palamar — en plein centre de la Ville — comportent d'énormes dégâts.*

Baroux E., Alessandro P., Valensise G., Scoti O. & Cushing M., 2004 – Source parameters of the 11 juin 1909, Lambesc (Provence, southeastern France) earthquake: a reappraisal based on macroseismic, seismological and geodesic observations. Geophy. J. Resarch, vol. 108, n°139, ESE 16.1-16-23

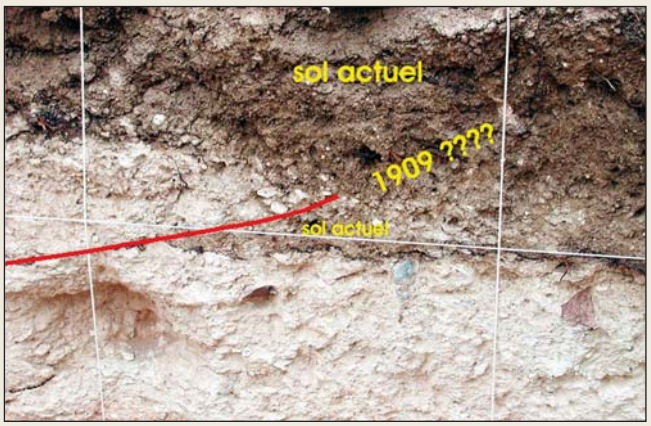
Les déformations tectoniques en surface

L'étude géologique des terrains réalisée par Chardon et *al.* (2005) a révélé plusieurs petites failles inverses, de rejet d'ordre décimétrique à pluridécimétrique, déformant les formations miocènes (-10 Millions d'années) à quaternaires (-2 Millions d'années à actuel).

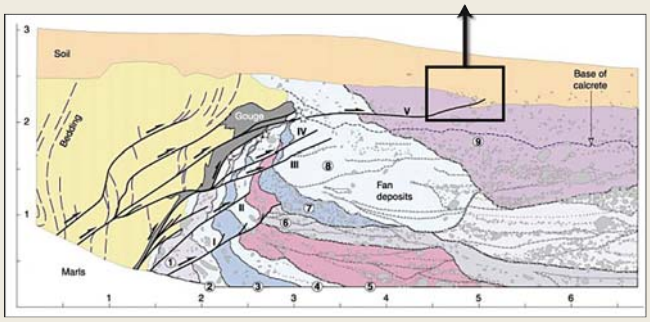
Ces failles indiquent que la déformation compressive de la Trévaresse s'exprime **au niveau du plan principal du chevauchement mais aussi plusieurs centaines de mètres à l'avant de celui-ci**.

Le sol brun d'âge très récent (probablement quelques milliers d'années) est impliqué dans la déformation. Il s'agit peut-être de la **rupture des terrains étendue jusqu'à la surface du sol lors du séisme de 1909**.

L'étude de ces déformations tectoniques indique pour la faille de la Trévaresse une vitesse de mouvement de **0,05 mm/an à 0,3 mm/an**. Selon Chardon et *al.*, le chevauchement de la Trévaresse peut occasionner des séismes de **magnitude supérieure ou égale à 6,0 avec une période de retour de l'ordre de 700 à 5 000 ans**.



© M. Terrier



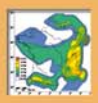
Chardon D., Hermitte D., Nguyen F. & Bellier O. (2005) – First paleoseismological contraints on the strongest earthquake in France (Provence) in the twentieth century. Geology; nov. 2005, v.33, n°11, 901-904.

RETOUR AU SOMMAIRE

II L'aléa sismique

AS.1 L'aléa, la vulnérabilité, le risque

AS.2 Les principes d'évaluation de l'aléa sismique

AS.3  Les applications sur la France

AS.4 Aléa sismique régional, évaluation empirico-statistique

AS.5 Aléa sismique régional, évaluation probabiliste

AS.6 Aléa sismique régional, évaluation déterministe

AS.7 Aléa sismique local

AS.8 Exemples d'effets de site

AS.9 Les tsunamis : autre effet induit possible

Résumé au verso ▸

RETOUR AU SOMMAIRE

II L'aléa sismique

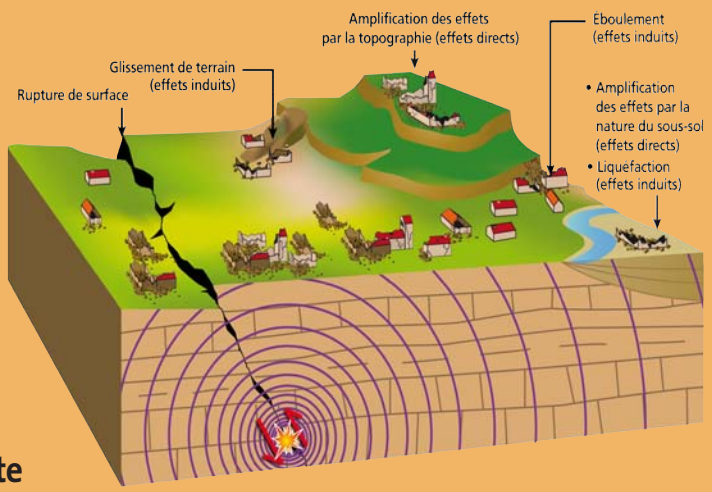
L' **aléa** est une des composantes principales pour l'**évaluation du risque sismique**. Il exprime la possibilité d'une région à être exposée à un séisme de caractéristiques données. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'aléa.

L'**évaluation empirico-statistique** a permis, à partir d'une analyse des données sismiques historiques, de diviser le territoire national en 5 zones de niveau de sismicité croissant : 0, Ia, Ib, II et III. La moitié de la région PACA se situe dans des zones de sismicité Ib ou II (la zone III ne concerne que la Guadeloupe et la Martinique).

L'évaluation probabiliste de l'aléa sismique indique en tout point du territoire, le niveau de **magnitude ou d'accélération du sol** (m/s^2) susceptible d'être atteint pour une période de temps donnée.

L'évaluation déterministe est fondée d'une part sur une analyse détaillée des différentes sources sismiques régionales et sur les contraintes régissant la déformation et d'autre part sur une étude précise de la sismicité historique.

L'aléa sismique local est évalué à l'échelle du 1/5 000 ou 1/10 000e en tenant compte des conditions géologiques et topographiques susceptibles d'entraîner localement une amplification de la vibration sismique (**effets de site direct**), ou d'induire d'autres phénomènes naturels dangereux (**effets de site induits**).



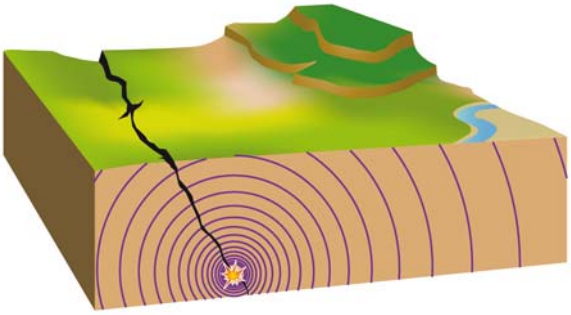
RETOUR AU SOMMAIRE

L'aléa, la vulnérabilité, le risque

Le risque se caractérise par deux composantes :
1) l'aléa, c'est-à-dire la probabilité d´occurrence d´un événement donné ;
2) la vulnérabilité des enjeux, qui exprime la gravité des effets ou des conséquences de l´événement supposé pouvoir se produire.

Évaluation de l'aléa

L'**aléa sismique** peut être défini comme la possibilité pour une région ou un site d'être exposés à une secousse sismique de caractéristiques données.



Caractérisation de l'agression sismique :

Aléa régional

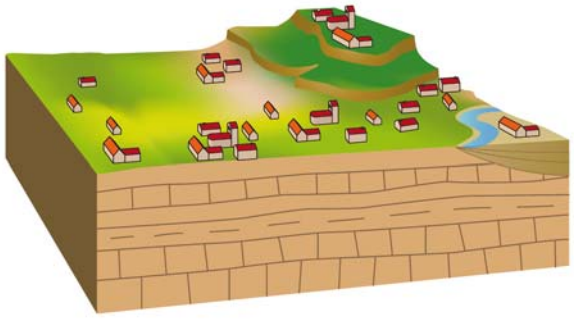
- Source sismique,
- magnitude ou intensité de référence,
- localisation de l'épicentre,
- profondeur focale,

Aléa local

- effets de site.

Évaluation de la vulnérabilité des enjeux

La vulnérabilité représente un degré d'endommagement d'un élément exposé à une secousse sismique donnée.



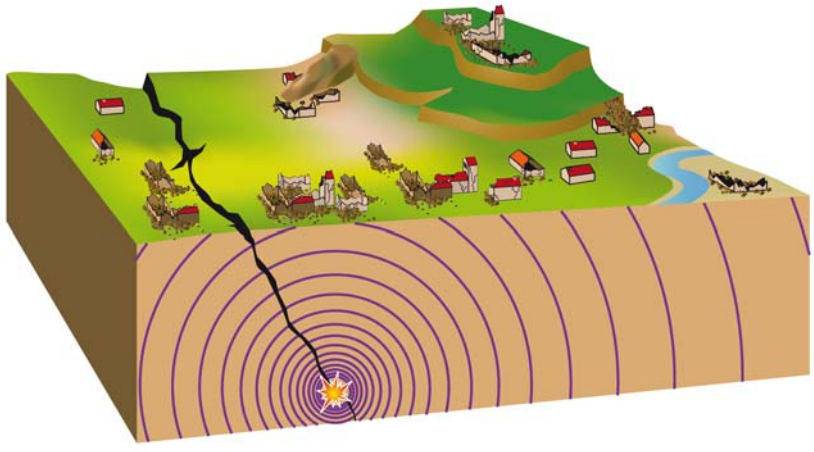
Les éléments exposés rassemblent les personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel.

Les enjeux représentent la valeur attribuée aux éléments exposés à un aléa donné.

L'évaluation de la vulnérabilité aux séismes du territoire, c'est :

- l'analyse du contexte naturel et anthropique,
- l'identification des enjeux,
- l'estimation des conséquences directes et indirectes d'un séisme sur les différents types d'enjeux.

Évaluation du risque

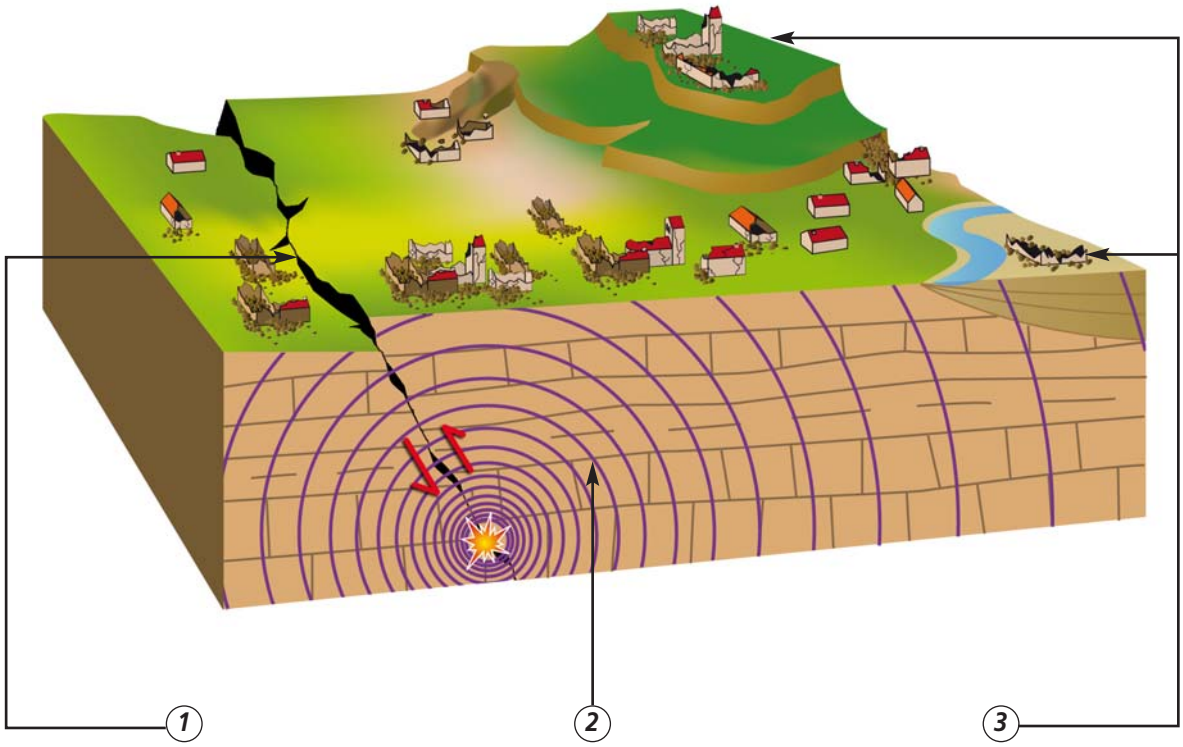


Le risque est le croisement entre l'aléa d'une part, et les enjeux et leur vulnérabilité d'autre part.

RETOUR AU SOMMAIRE

Les principes d'évaluation de l'aléa sismique

L'aléa sismique peut être défini comme la possibilité pour une région ou un site d'être exposés à une secousse sismique de caractéristiques données, exprimées autant que possible sous forme de paramètres tels que : intensité macrosismique, accélération, vitesse, déplacement, spectre du signal temporel.
Une étude d'aléa sismique comporte plusieurs étapes successives.
Les deux premières concernent l'identification des sources sismiques et l'évaluation du mouvement sismique régional selon une approche probabiliste ou déterministe.
La troisième concerne la prise en compte des modifications de la vibration sismique par les conditions géologiques et topographiques locales.



1

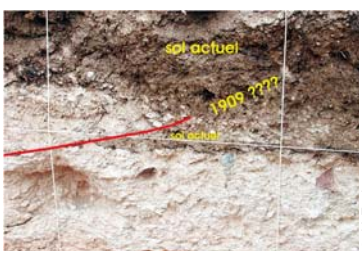
Localisation des failles actives, réalisation d'un zonage sismique et caractérisation des séismes associés.

2

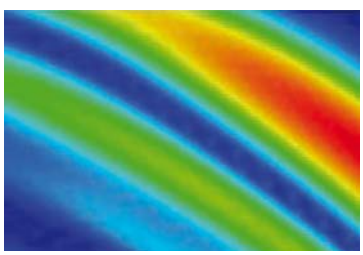
Calcul du mouvement du sol (propagation et atténuation des ondes sismiques ou d'énergie).

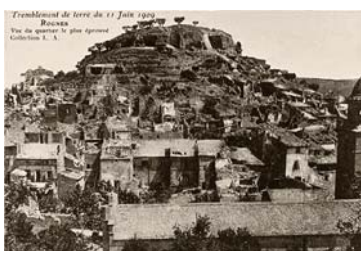
3

Prise en compte des modifications du mouvement sismique en fonction des conditions géologiques et topographiques locales.



© M. Terrier





1. Identifier les sources sismiques

Il s'agit de **localiser les failles actives et d'évaluer de leur potentiel sismique** en terme de magnitude ou intensité des séismes, récurrence, profondeur focale.
Ce travail requiert une analyse des données géologiques et sismiques qui aboutit à la réalisation d'un **zonage sismotectonique**, c'est-à-dire à la délimitation de surfaces géographiques dans lesquelles pour chacune d'elles, la probabilité d'occurrence d'un séisme de caractéristiques données (magnitude ou intensité, profondeur focale, période de retour) peut être considérée homogène en tout point.

2. Evaluer le mouvement sismique au rocher

La seconde étape conduit à la définition des mouvements (ou vibrations) du sol de référence qui dépendent à la fois des sources sismiques potentielles déduites du zonage sismotectonique et de l'atténuation des mouvements du sol avec la distance. A ce stade, on suppose un milieu avec des conditions de sol homogènes et une topographie horizontale. **Le mouvement sismique de référence est considéré "au rocher". Il s'agit de l'évaluation de l'aléa sismique régional**.

Dans le cas d'une **évaluation probabiliste**, l'aléa donne la probabilité de dépassement de l'accélération maximale du mouvement sismique pour une période donnée *[AS5]*.

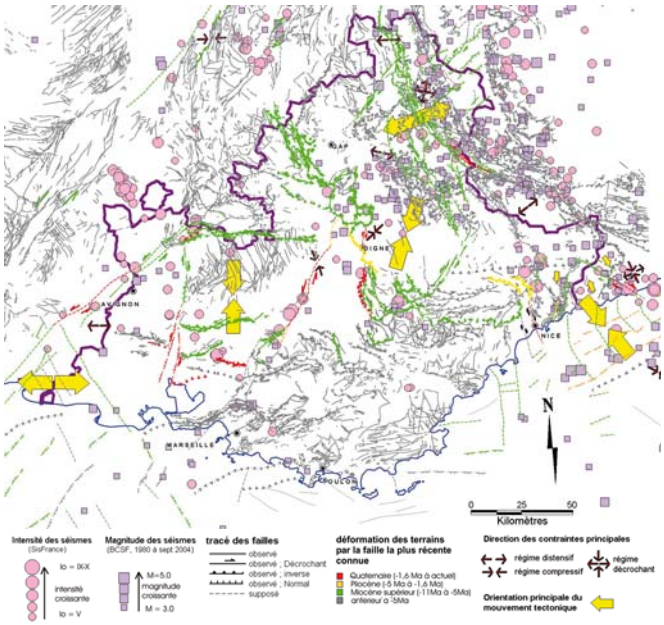
Dans le cas d'une **évaluation déterministe**, chaque zone sismotectonique est caractérisée par une intensité épicentrale maximale connue dans la zone (SMHV ou séisme maximal historiquement vraisemblable) et ce indépendamment de sa période de retour *[AS6]*.

3. Evaluation des effets sur un site

Le mouvement du sol peut varier localement (augmentation ou diminution) en raison de la topographie et/ou de la constitution du sous-sol. Par ailleurs, la vibration sismique initiale peut engendrer ou induire des déformations du sol.

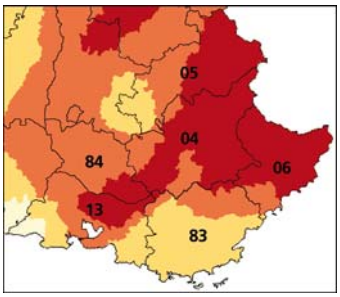
Dans cette troisième étape, il s'agit donc de prendre en considération **les conditions locales** (topographiques, sédimentaires) et **évaluer les effets** qu'elles peuvent entraîner par rapport au mouvement sismique au rocher. *[AS7]*, *[AS8]*

Carte des failles actives en PACA et caractérisation des séismes associés *[PS8]*

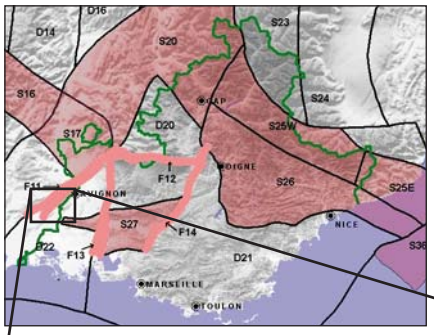


A partir des données géologiques et sismiques, délimitation des différentes zones sismiques régionales. Chaque zone est caractérisée par un séisme ou mouvement sismique de référence.

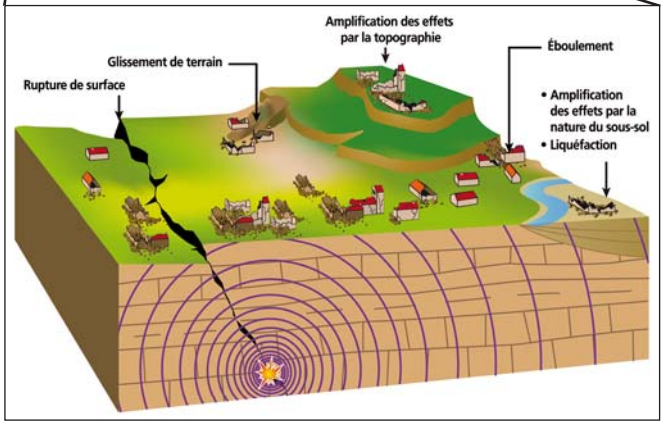
Carte du mouvement du sol pour une période de 475 ans *[AS5]*



Zonage sismique de la région PACA d'après BRGM (1998 modifié) *[AS6]*



Prise en considération des conditions géologiques et topographiques locales susceptibles de modifier le mouvement vibratoire initial.



RETOUR AU SOMMAIRE

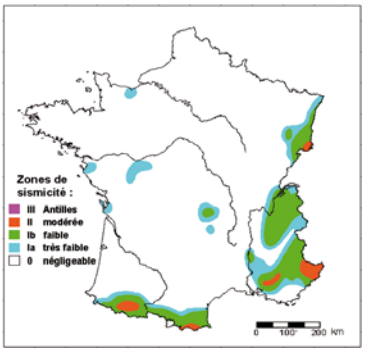
Les applications sur la France

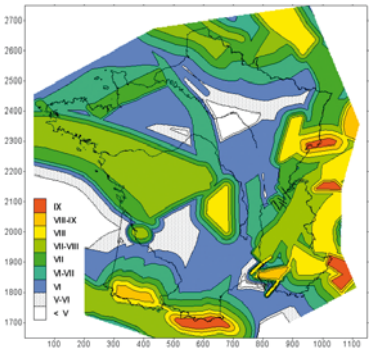
Plusieurs démarches d'évaluation de l'aléa sismique régional ont été mises en œuvre au niveau du territoire français. Parmi les plus connues, il s'agit notamment des évaluations de l'aléa sismique selon les démarches : empirico-statistique, déterministe, probabiliste.

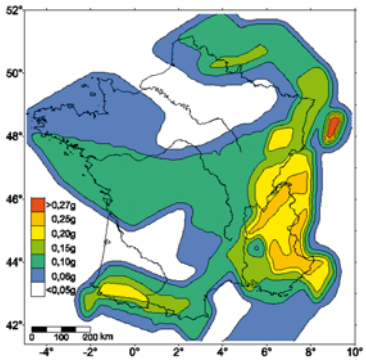
La **démarche empirico-statistique** a été la première évaluation faite sur l'ensemble du territoire national. Elle a été mise en œuvre dans les **années 80** dans le cadre de l'application des règles parasismiques de construction destinées aux ouvrages courants, dits à "risque normal". *[PR3]*, *[PR6]*

La deuxième évaluation suit une **démarche déterministe**. Elle a été réalisée sur la France en **1998**, dans le but de faciliter l'application des règles parasismiques pour les installations classées. *[PR6]*

Enfin, une évaluation basée sur une **approche probabiliste** est en cours de réalisation. D'un point de vue règlementaire, cette évaluation est destinée à remplacer le zonage empirico-statistique des années 80. *[PR3]*







Date	1986	1998 (BRGM)	En cours (AFPS / EPAS)
Démarche	**Empirico-statistique** basée sur les données de sismicité (magnitude, intensité)	**Déterministe** basée sur une analyse sismotectonique et les données de la sismicité (magnitude, intensité)	**Probabiliste** basée sur une analyse sismotectonique et les données de sismicité (magnitude, intensité, fréquence)
Quantités évaluées	**Intensité ressentie** et accélération nominale	**Intensité du SMHV**	**Accélération pour différentes périodes de retour** (dont 475 ans)
Valeur réglementaire	**Oui** (décret du 14 mai 1991)	Le document BRGM n'a pas de valeur règlementaire, mais la démarche oui	Probable (Eurocode 8)
Catégories de constructions	Ouvrages courants dits à "risque normal"	Installations classées dites à "risque spécial"	Non définies actuellement
Découpage administratif	Répartition des cantons en 5 zones de sismicité	Non	En cours
Références	Despeyroux & Godefroy (1986)	Blès et *al.* (1998)	GEO-TER (2002)

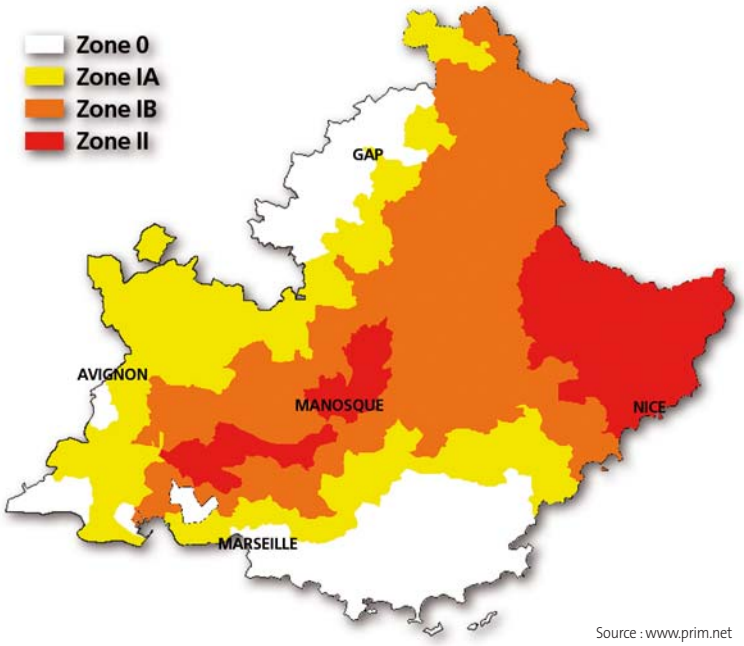
Source : Despeyroux J. et Godefroy P., 1986. Nouveau zonage sismique de la France, la Documentation française, Paris - Blès et al., 1998, Zonage sismique de la France métropolitaine pour l'application des règles parasismiques aux installations classées, document BRGM n°279 - Martin C. et al., 2002, Révision du zonage sismique de la France, Approche probabiliste, Rapport BRGM GEO-TER n°GTR/MATE/07/01-150.

Aléa sismique régional, évaluation empirico-statistique

A partir d'une analyse des données sismiques historiques, le territoire national est divisé en 5 zones de niveau de sismicité croissant : 0, Ia, Ib, II et III.
Les départements de Guadeloupe et de Martinique, concernés par une sismicité plus forte, sont les seuls situés en zone III.

La région PACA correspond à une des régions les plus sismiques de la métropole française.
La moitié de son territoire correspond à des zones de sismicité Ib ou II.

Réalisée dans les années 80 (Despeyroux et Godefroy, 1986), cette carte est devenue le "zonage sismique officiel de la France" dès la publication du décret n° 91-461 du 14 mai 1991.
Il ne s'agit pas d'une carte du "risque encouru", mais d'une carte représentative de la façon dont la puissance publique prend en compte l'aléa sismique pour prescrire des règles en matière de construction. *[PR4]*



Source : www.prim.net

Type de zone	Niveau	Définitions	Départements concernés
Zone 0	Sismicité négligeable	Aucune secousse d'intensité au moins égale à VIII n'y a été observée historiquement ; les règles parasismiques ne sont pas obligatoires	Var Hautes Alpes Bouches-du-Rhône
zone Ia	Sismicité très faible.	Pas de séisme d'intensité supérieure ou égale à VIII connu, mais de faibles déformations tectoniques récentes existent. La période de retour des séismes d'intensité VIII est supérieure à 250 ans. La période de retour des séismes d'intensité VII est supérieure à 75 ans.	Var Hautes Alpes Bouches-du-Rhône Vaucluse Alpes de Haute Provence
Zone Ib	Sismicité faible	Au moins un séisme d'intensité VIII ou VIII-IX connu. La période de retour des séismes d'intensité VIII est supérieure à 250 ans. La période de retour des séismes d'intensité VII est supérieure à 75 ans.	Var Hautes Alpes Bouches-du-Rhône Vaucluse Alpes de Haute Provence
Zone II	Sismicité moyenne	La période de retour des séismes d'intensité égale à VIII est inférieure à 250 ans. La période de retour des séismes d'intensité VII est inférieure à 75 ans.	Alpes Maritimes Bouches-du-Rhône Alpes de Haute Provence.

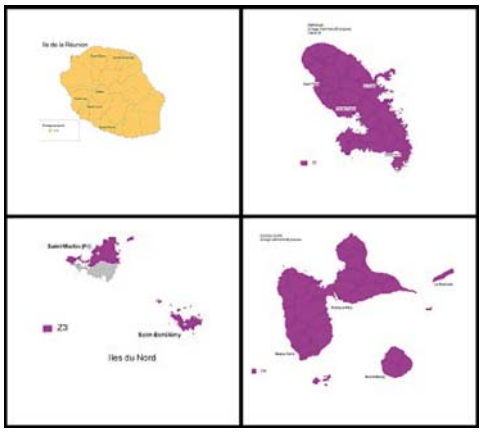
Aléa sismique régional, évaluation probabiliste

L'évaluation probabiliste de l'aléa sismique indique en tout point du territoire, le niveau de magnitude ou d'accélération du sol (m/s²) susceptible d'être atteint et cela pour une période de temps donnée.

Bénéficiant d'une quarantaine d'années d'enregistrement sismique et grâce aux connaissances géologiques et sismologiques acquises durant ces 25 dernières années, un zonage sismotectonique *[AS2]* puis une analyse probabiliste des évènements sismiques ont pu être réalisés sur l'ensemble du territoire national.

Carte du mouvement du sol pour une période de 475 ans

Départements d'Outre-mer



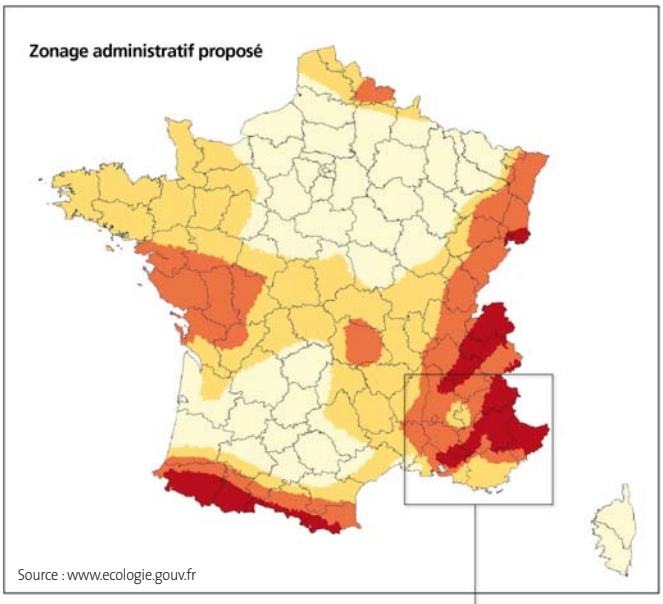
Aléa	Mouvement du sol
Très faible	accélération < 0.7 m/s²
Faible	0.7 m/s² < accélération < 1.1 m/s²
Modéré	1.1 m/s² < accélération < 1.6 m/s²
Moyen	1.6 m/s² < accélération < 3 m/s²
Fort	accélération > 3 m/s²

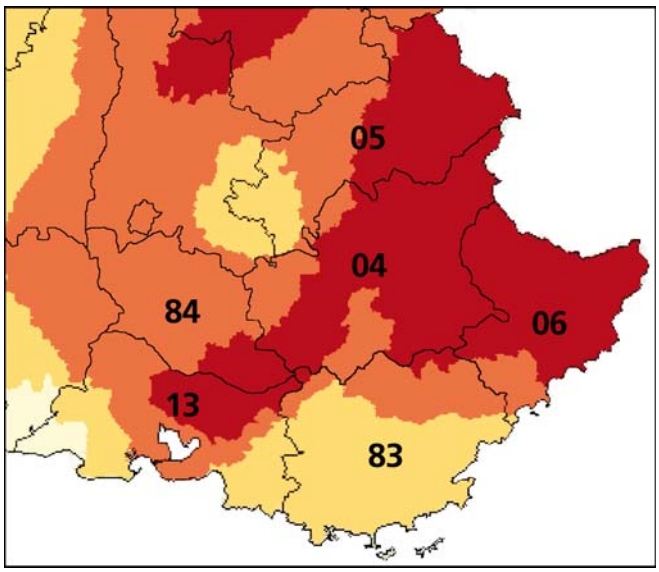
Gammes de valeurs d'accélération proposées en 2006. Pour chaque niveau d'aléa, l'accélération nominale sera fixée en 2007.

Au niveau de la région PACA, le nouveau zonage probabiliste tient mieux compte de l'activité sismique alpine et subalpine.

L'arc alpin et subalpin, ainsi que la région de la moyenne et basse Durance, correspondent à une zone de sismicité moyenne.

Cette carte est destinée à remplacer le zonage empirico-statistique réalisé dans les années 80.
Elle sera utilisée pour définir les futures règles européennes de construction parasismiques : les règles EC8. *[PR7]*



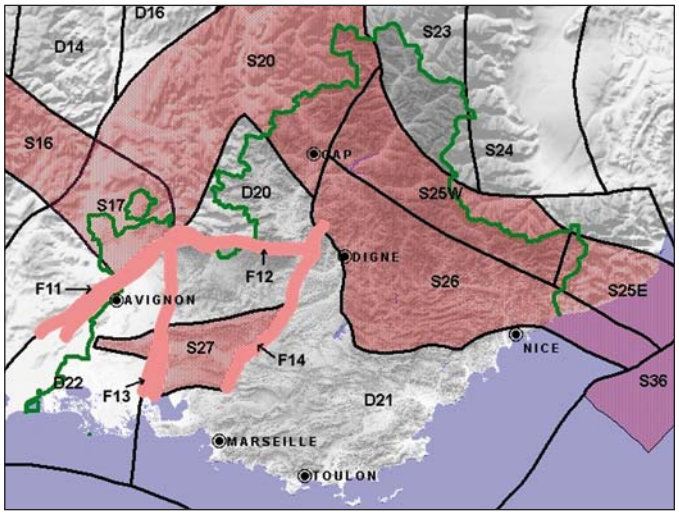


AS 6

Aléa sismique régional, évaluation déterministe

Fondée d'une part sur une analyse détaillée des différentes sources sismiques régionales et sur les contraintes régissant la déformation et d'autre part sur une étude précise de la sismicité historique, une évaluation selon une approche déterministe a été conduite à la fin des années 90 en France métropolitaine.

Extrait du zonage sismique de la France pour une évaluation déterministe de l'aléa



Source : Blès et al., 1998, modifié

A partir d'une analyse des données géologiques et sismologiques, le zonage sismotectonique délimite des unités qui correspondent soit à des domaines (ou surfaces) géographiques soit à des structures sismogènes (failles ou systèmes de failles).
Chaque unité est caractérisée par un séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV) : il s'agit du plus fort séisme connu au sein de l'unité. Ces caractéristiques correspondent à celle du mouvement sismique de référence de l'unité.
Il est considéré qu'un séisme du même type peut se produire dans l'avenir en tout point de l'unité.

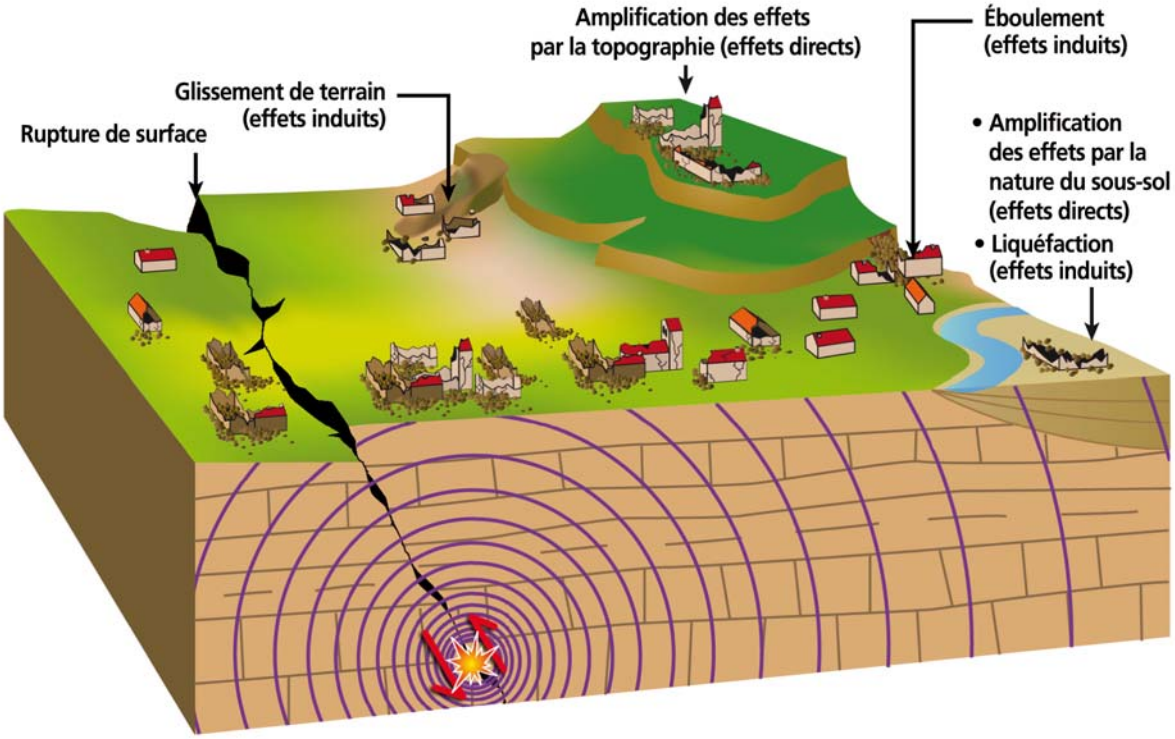
Domaine (zone peu déformée)
Système de failles actives
Faille active

Numéro de l'unité	Nom de l'unité	Magnitude du SMHV	Profondeur focale
S17	Zone du Tricastin	M = 4,5	3 km
S20	Zones externes alpines septentrionales	Proche : M = 5,0 Lointain : M = 5,7	Proche : 5 km Lointain : 15 km
S23	Alpes internes occidentales	Proche : M = 5,2 Lointain : M = 5,5	Proche : 9 km Lointain : 20 km
S24	Corps d'Ivrée	M = 5,5	10 km
S25W	Zone Ubaye-Mercantour	M = 5,0	9 km
S25E	Alpes Ligures méridionales	M = 6,3	8 km
S26	Alpes méridionales et arcs de Digne-Castellane-Nice	Proche : M = 4,7 Lointain : M = 5,7	Proche : 3 km Lointain : 15 km
S27	Chevauchements nord provençaux	M = 6,0	5 km
S36	Océan ligure nord oriental	M = 6,3	8 km
F11	Faille de Nimes	M = 4,9	4 km
F12	Faille Ventoux-Lure	M = 4,0	2 km
F13	Système de failles de Salon-Cavaillon	M = 4,2	5 km
F14	Système de failles de la Moyenne Durance	M = 5,1	5 km
D20	Domaine des Baronnies	Io = V	
D21	Domaine provençal	M = 4,0	4 km
D22	Camargue	M = 4,1	10 km

L'évaluation déterministe de l'aléa sismique de la métropole française a été publiée en 1998 (Blès et al., document BRGM n° 279). Ce zonage est conforme à la démarche préconisée par l'arrêté du 10 mai 1993.

Aléa sismique local

L'aléa sismique local est évalué sur l'ensemble d'un territoire communal ou sur une partie de celui-ci. L'échelle cartographique considérée est de l'ordre du 1/5 000 ou 1/10 000 ème.
A cette échelle, il est tenu compte des conditions géologiques et topographiques susceptibles d'entraîner localement une amplification de la vibration sismique (effets de site directs), ou induire d'autres phénomènes naturels dangereux (effets de site induits).



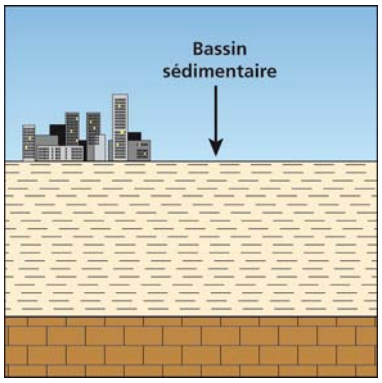
Dans le cas des évaluations cartographiques réalisées à l'échelle d'un site ou d'une commune, on parle parfois de "microzonages sismiques".
L'évaluation de l'aléa local peut constituer le document technique de base pour l'élaboration du Plan de Prévention des Risques sismiques (PPR) de la commune. *[PR5]*

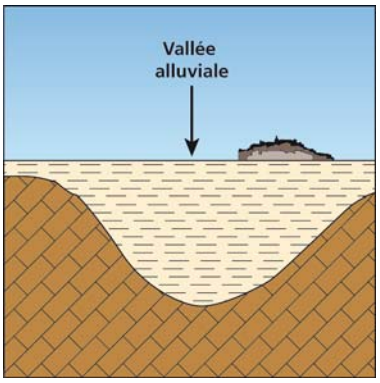
Effets de site directs :

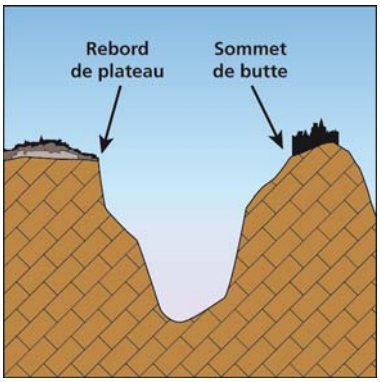
Il s'agit d'une amplification des ondes sismiques directement liée à la configuration topographique ou géologique du site ; les ondes sismiques se trouvent piégées dans la structure.

Effets de site liés à la structure et à la nature du sol : les caractéristiques mécaniques (densité, rigidité, compressibilité), la géométrie des formations (empilement, remplissage de fond de vallée) peuvent accentuer les effets du mouvement sismique.

Effets de site topographiques : sommets de butte, crêtes allongées, rebords de plateaux et de falaises sont le siège d'amplification importante du mouvement sismique.

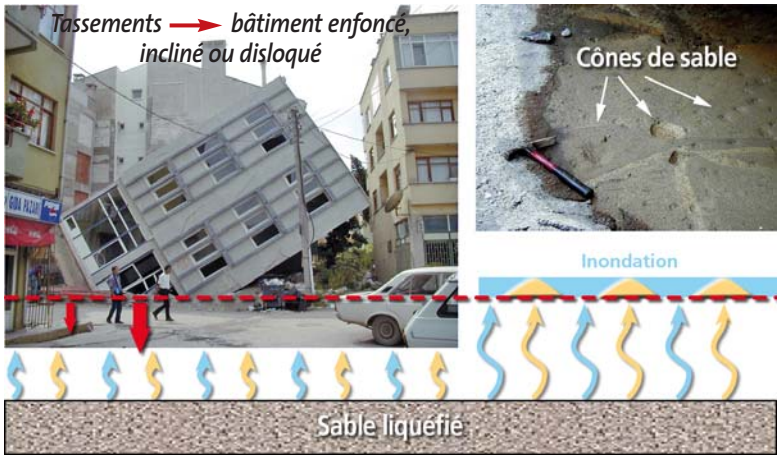




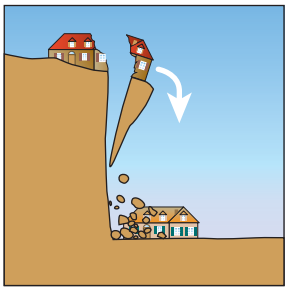


Effets induits :

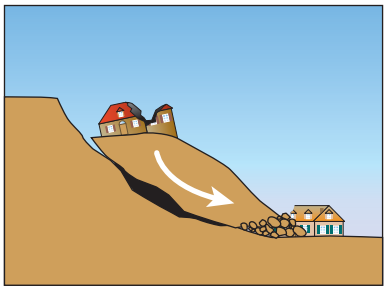
Liquéfaction momentanée de milieux granulaires (horizons sableux ou limoneux) gorgés d'eau : l'agitation sismique peut provoquer un tassement rapide des sédiments, l'eau contenue dans les sédiments va alors être expulsée. La déconsolidation brutale du matériau se traduit par la déstructuration du sol : c'est le phénomène de liquéfaction. Les constructions reposant sur des sols soumis au phénomène vont être particulièrement instables.



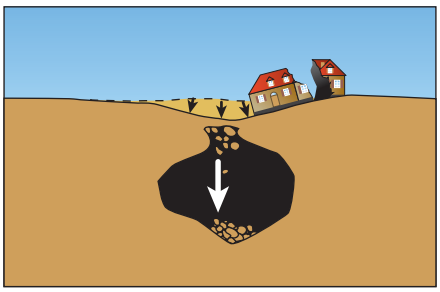
Mouvements de terrain : la vibration sismique peut déclencher des mouvements de terrain tels que éboulements de cavités souterraines, effondrements de falaises, chutes de blocs, glissements de terrain.



Chute de blocs



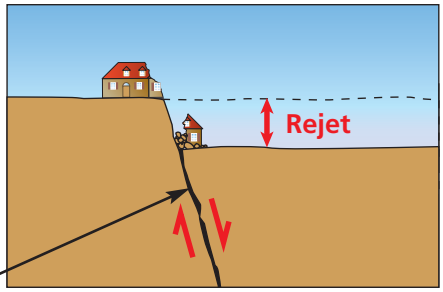
Glissement



Eboulement d'une cavité

Autres effets du séisme :

Dans certains cas, la rupture du plan de faille se propage jusqu'à la surface du sol, engendrant une **rupture en surface** le long de la faille de quelques centimètres à plusieurs mètres de rejet. Cette propagation jusqu'à la surface du sol du plan de faille ayant rompu dépend de la profondeur initiale du foyer sismique (endroit du plan de faille où a débuté la rupture) et de la magnitude du séisme (énergie dissipée).



Propagation de la rupture du plan de faille jusqu'à la surface du sol

RETOUR AU SOMMAIRE

AS 8

Exemples d'effets de site

Effets de site topographiques lors du séisme de 1909

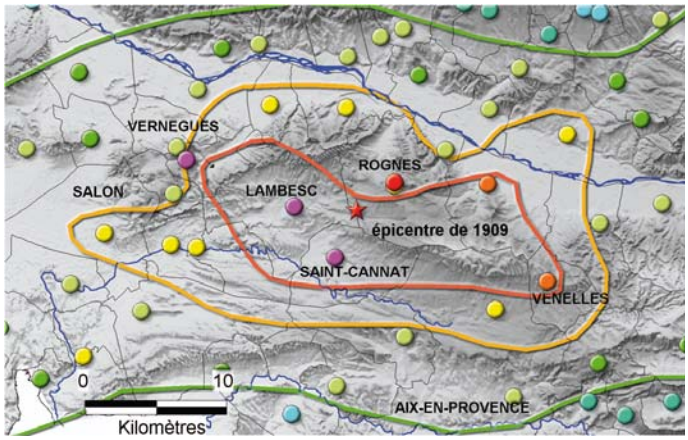
Lors du séisme du 11 juin 1909, les communes de Rognes et de Vernègues ont subi des effets de site topographiques. Les dégâts les plus importants ont été observés sur les habitations situées sur la partie haute de ces villages. Lors de la vibration sismique, les ondes se sont retrouvées piégées au niveau des buttes topographiques, il s'est alors produit un phénomène d'amplification du mouvement sismique.

Commune de Rognes

Au lendemain du 11 juin 1909

Aujourd'hui

(Photo G. Jacquet, collect. personnelle)



Séisme du 11 juin 1909 : Carte des intensités observées (d'après BRGM/EDF/IRSN, Sis France, 2006)

Intensité ressentie

- I = IX
- I = VIII-IX
- I = VIII
- I = VII
- I = VI-VII
- I = VI
- I = V-VI
- I = V
- I = IV-V
- I = IV

Isoséiste VIII

Isoséiste VII

Isoséiste VI

Les dégâts du séisme de 1909 ont fait l'objet d'une enquête minutieuse de la part de Commandant Spiess. A propos des observations relatives aux édifices élevés au sommet d'une hauteur isolée, d'un mamelon, ou sur une colline allongée et étroite, SPIESS indique :

*"(...) les observations faites montrent bien que les constructions se trouvant dans de telles conditions ont été plus éprouvées que celles situées au pied des hauteurs envisagées. C'est ainsi que Venelles, Mallemort, le Vieux-Miramas, **perchés sur des mamelons**, Cornillon bâti **à l'extrémité d'une longue crête étroite**, ont plus souffert que les localités avoisinantes en contrebas.*

*Les habitations construites **à flanc de coteau** ont aussi plus souffert en général que celles établies en terrain plat. C'est le cas, en particulier, de Rognes et de Vernègues. **A Rognes presque toutes les maisons bâties sur les pentes du Foussa ont été ruinées alors que celles situées dans la partie basse ont été beaucoup moins maltraitées.** Il en a été de même à Vernègues où les maisons sises à l'ouest du château, sur un terrain relativement peu incliné, ont été fortement endommagées, mais n'ont pas été démolies."*

Extrait de Spiess (1926) – Note sur le tremblement de terre de Provence du 11 juin 1909. Comptes rendus du Congrès des Sociétés savantes, Sciences.

Effets induits : exemple des mouvements de terrain dans l'arrière-pays niçois lors du séisme de 1564

L'arrière-pays niçois, région montagneuse propice aux phénomènes de mouvements de terrain a été le siège de plusieurs tremblements de terre d'intensité importante. De nombreux écrits historiques relatent les destructions occasionnées par les glissements de terrain ou chutes de pierres déclenchés lors des tremblements de terre.

Exemple du séisme de 1564, appelé "séisme nissart". *[TE2]*

Il s'agit d'un des séismes les plus violents qui ait affecté le territoire français au cours du dernier millénaire. Il eut un grand retentissement en Europe.
La carte dessinée par le marchand génois Moggiol, de passage à Nice un mois après le séisme, montre bien le ressenti par la population du séisme de 1564.

Séisme du 20 juillet 1564 :

L'épicentre du séisme est localisé dans les Alpes niçoises près du village de La Bollène. L'intensité épicentrale est estimée à VIII. Les villages de Lantosque, la Bollène et Saint-Martin de Vésubie ont subi d'importants dégâts dus aux chutes de pierres qui se sont détachées des versants rocheux surplombant les villages au passage des ondes sismiques.

Faits relatés par Bosio en 1902 dans "La Province des Alpes-Maritimes", source BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Des mouvements de terrain destructeurs déclenchés par le séisme du 20 juillet 1564 sont relatés dans les archives historiques. Ainsi :

"César de Nostradamus cite une lettre écrite au comte de Tende, gouverneur de Provence; il constate , avec l'auteur de cette lettre, que dix ou douze villes et bourgs furent détruits, qu'il périt 8 à 900 personnes; que ***les montagnes se fendirent par le milieu; que les rochers se brisèrent et se dispersèrent avec bruit et tonnerre épouvantables****, de sorte que ces pauvres gens ne pouvaient être secourus, ni avoir retraite aux champs ni aux villes.(...)*

Ludovic de Lantosque ajoute que Briga fut détruit en partie. ***Une montagne se détacha dans la vallée de Peille****. Dans la vallée de la Visubie,* ***des montagnes roulèrent dans tous les torrents*** *qui s'y jettent. Les eaux de la Visubie refluèrent vers leurs sources,* ***arrêtées par les pierres****. Roquebillère fut inondée, et l'eau acheva ce que n'avait pas fait le tremblement de terre.(...)"*

D'après Desnoyers et Tisserand (1868) – Rapport concernant les tremblements de terre des Alpes maritimes pendant les siècles passés. Revue des sociétés savantes des départements, Tome 8, série D.

RETOUR AU SOMMAIRE

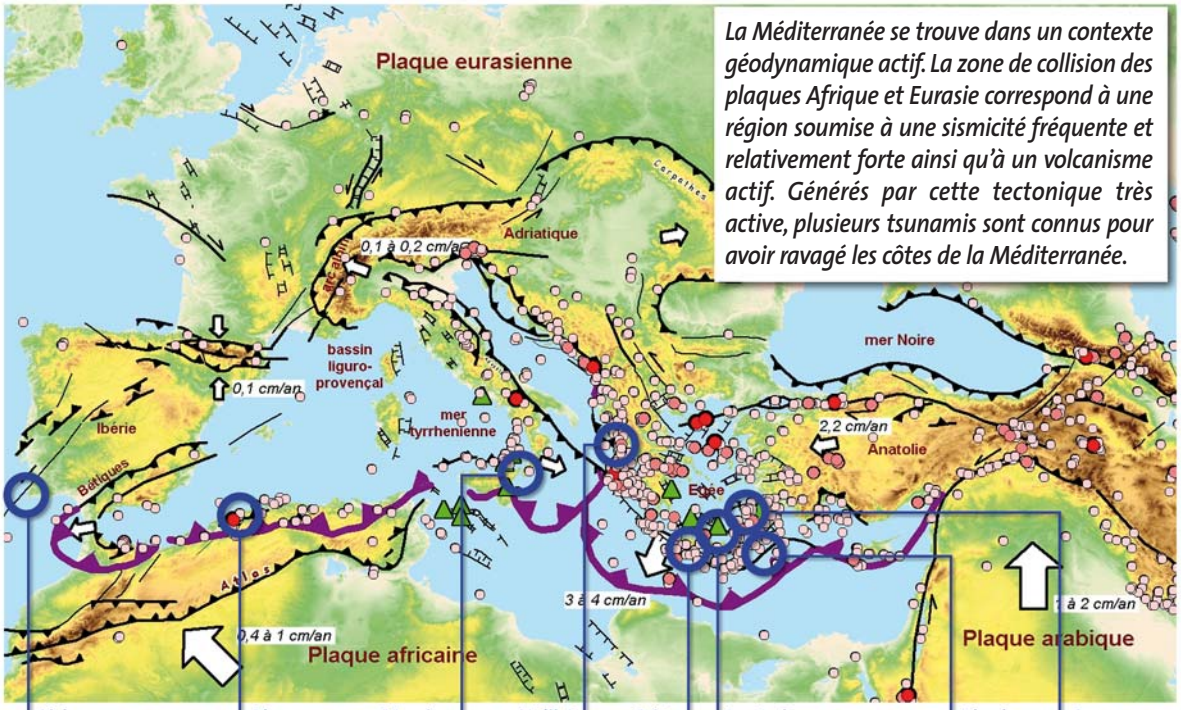
AS 9

Les tsunamis : autre effet induit possible

Les plus grands tsunamis ayant affecté les côtes méditerranéennes trouvent leur origine le long de la frontière de plaques Eurasie – Afrique. Pour le Sud-Est de la France, la probabilité d'apparition d'un tsunami d'origine tectonique est a priori très faible.

Un tsunami (*du japonais tsu : port et nami : vague*) correspond à une série de vagues provoquées par une action mécanique brutale et de grande ampleur au niveau d'une mer ou d'un océan. Il est généralement engendré par un mouvement soudain du fond de la mer provoqué par une action sismique, une éruption volcanique ou un mouvement de terrain sous marin ou côtier. Suite à leur génération, les tsunamis se propagent dans toutes les directions, parfois sur plusieurs milliers de kilomètres, jusqu'à atteindre les côtes et exercer leur effet dévastateur.
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. 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).

Principaux tsunamis historiques



La Méditerranée se trouve dans un contexte géodynamique actif. La zone de collision des plaques Afrique et Eurasie correspond à une région soumise à une sismicité fréquente et relativement forte ainsi qu'à un volcanisme actif. Générés par cette tectonique très active, plusieurs tsunamis sont connus pour avoir ravagé les côtes de la Méditerranée.

***Lisbonne** : Gravure en cuivre de 1755 montrant les ruines de Lisbonne en flammes et un tsunami submergeant les navires du port.*

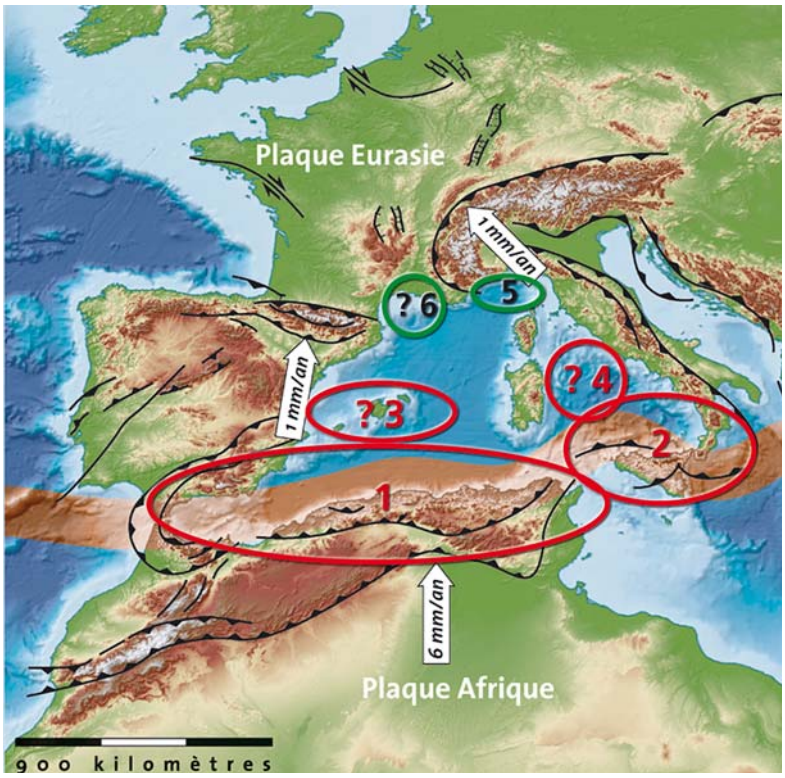
***Île de Santorin** : Vue du satellite montrant les restes actuels de la caldera.*

RETOUR AU SOMMAIRE

En ce qui concerne la côte méditerranéenne française, on distingue des sources tsunamigènes lointaines et des sources tsunamigènes proches.

Sources lointaines

La Méditerranée se trouve dans un contexte géodynamique actif. La zone de collision des plaques Afrique et Europe correspond à une région soumise à une sismicité fréquente et relativement forte ainsi qu'à un volcanisme actif. *[PS2]*



En ce qui concerne les sources lointaines relatives au littoral français :

- Il s'agit de la zone de collision Afrique-Eurasie, caractérisée par une sismicité fréquente et relativement forte (des séismes marins de magnitude supérieure à 7 sont plausibles), et notamment la partie occidentale de cette zone de collision de la **mer d'Alboran et du Rif Tell** (du Maroc à la Tunisie), **n°1**, puis dans la zone de subduction au **Sud de la Sicile**, **n°2**.

- Moins bien connues, les zones sismiques du **NE de la cordillère Bétique**, **n°3**, ou bien de **la mer thyrénéenne**, **n°4**, pourraient peut-être générer des forts séismes.

Il s'agit aussi des volcans actifs des **îles Lipari** (Sicile).

Sources proches d'origine sismique

La déformation actuelle du Sud-Est de la France est du type **intracontinentale**. La sismicité y est moins fréquente et potentiellement moins élevée qu'au niveau de la zone de subduction Afrique - Eurasie. À terre, les principales failles actives sont supposées connues, même s'il demeure de grosses incertitudes sur le niveau d'activité. En mer, les connaissances sont beaucoup plus faibles sur l'activité des failles.*[PS8]*

Au large des côtes niçoises, **la marge Nord ligure** subit une déformation de type compressif. Le niveau de sismicité y est relativement élevé (séisme ligure de 1887, intensité IX). A proximité de la côte, les failles actives correspondent :

- au niveau du plateau continental, à des failles normales,
- au niveau du talus continental, à un grand chevauchement.

Le golfe du Lion est caractérisé par un régime distensif. Le niveau de sismicité y est assez faible, **mais de grandes failles actives observées sur le continent (faille de Nîmes) se poursuivent dans le golfe du Lion**. Ces dernières pourraient être encore actives aujourd'hui.

Autres sources susceptibles de générer des tsunamis sur la côte de la région PACA, il s'agit des mouvements de terrain, tels que :

Les effondrements de falaises rocheuses : Au niveau des terrains instables situés en bordure du littoral côtier, les vagues créées par l'impact de blocs rocheux dans l'eau ou de glissements de terrains aériens peuvent être dangereux localement.

Les glissements sous marins : Au large de la région PACA, le territoire maritime peut être très découpé et pourvu localement de forte pente. Il peut par ailleurs être recouvert de formations relativement meubles et épaisses (dépôts alluvionaires des rivières du Rhône, du Var, du Paillon par exemple). Il s'agit de zones susceptibles de produire des glissements sous-marins, sources potentielles de tsunamis.

RETOUR AU SOMMAIRE

III La prévention du risque sismique

PR.1 Les composantes de la prévention

PR.2 Les principales actions d'information préventive

PR.3 La classification règlementaire des ouvrages (bâtiments, équipements, infrastructures)

PR.4 Le zonage sismique réglementaire

PR.5 Les plans de prévention du risque sismique

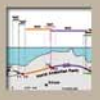
PR.6 La vulnérabilité des territoires aux séismes

PR.7 Les régles de construction parasismique pour les ouvrages à risque normal

PR.8 Les recommandations pour l'application de la réglementation aux maisons individuelles

PR.9 Le contrôle parasismique des constructions (ouvrages à risque normal)

PR.10 Signal d'alerte et organisation des secours

PR.11  La prédiction des séismes : un axe de recherche

PR.12 Le Plan Séisme

Résumé au verso ▸

RETOUR AU SOMMAIRE

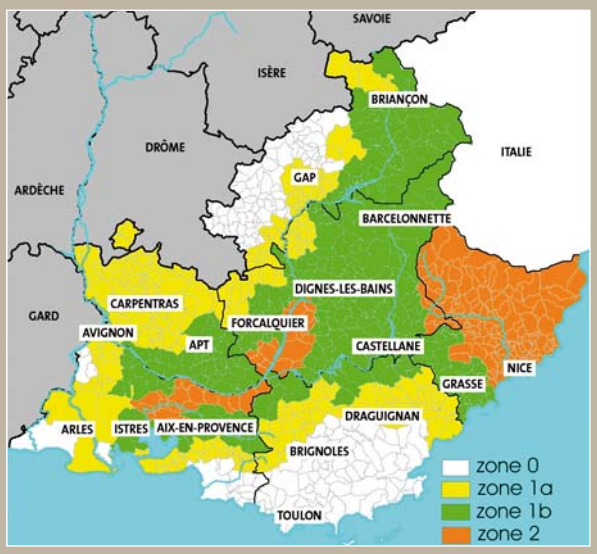
III La prévention du risque sismique

La prévention du risque sismique s'articule autours de 4 axes principaux : l'information et la formation, l'aménagement du territoire, la construction, la gestion de crise. L'**information du citoyen** sur les risques naturels et technologiques se fait au travers de documents (DCI, DDRM, DICRIM...) diffusés par le maire ou le préfet.

La loi du 22 juillet 1987 et son décret d'application du 14 mai 1991 régissent actuellement la prévention du risque sismique. Deux types d'ouvrage, à "risque normal" et à "risque spécial", sont définis et renvoient à une réglementation parasismique spécifique. La construction d'**ouvrages à risque normal** en zone de sismicité Ia à III est soumise aux **règles de construction parasismique**.

En cas de crise, selon l'ampleur de la catastrophe, **le signal d'alerte est lancé par le Maire ou le Préfet**, chargés d'organiser et de coordonner les secours. La population doit connaître les précautions minimales à prendre avant, pendant et après l'apparition du séisme. Cette information se fait grâce aux documents édités par le Maire ou le Préfet.

Si l'homme est capable, dans une certaine mesure, d'identifier les principales zones où peuvent survenir des séismes et évaluer sa probabilité de survenance, par contre, actuellement, **il n'existe aucune méthode de prédiction à moyen ou court terme de la survenance d'un événement sismique**.



Zones de sismicité de la région PACA.

Le programme national d'actions interministériel dit "**Plan Séisme**" d'une période de 6 ans lancé par le ministère de l'écologie et du développement durable en novembre 2005 vise à réduire la vulnérabilité des territoires au risque sismique, à mieux connaître les aléas et à diffuser l'information sur le risque sismique.

RETOUR AU SOMMAIRE

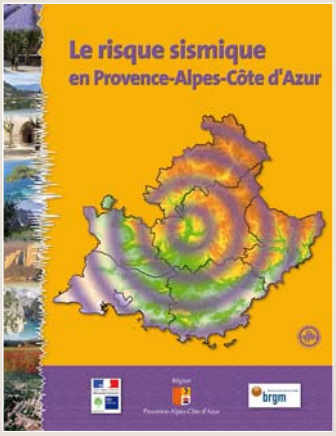
Les composantes de la prévention

De façon générale, la prévention du risque consiste à "devancer" les problèmes avant qu'ils ne se posent en termes de catastrophe et diminuer ainsi la probabilité d'occurrence d'un risque déterminé et les conséquences éventuelles d'un tel phénomène.

La prévention du risque sismique s'articule autours de 4 axes principaux : l'information et la formation, l'aménagement du territoire, la construction, la gestion de crise.

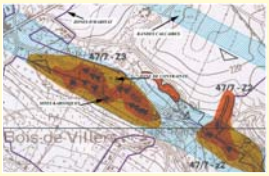
Le séisme est un risque majeur contre lequel l'homme ne peut que se protéger de manière passive. On ne peut en effet empêcher un séisme d'avoir lieu, mais on peut en revanche tenter de le prévenir et prendre des dispositions pour minimiser ses conséquences sur le plan humain.

Information - Formation



La population d'une zone à risque doit être informée du risque qu'elle encourt et doit pouvoir acquérir les réflexes simples pour réduire sa vulnérabilité aux conséquences d'unséisme.

Aménagement du territoire



Dans le cadre de l'aménagement du territoire, il s'agit d'orienter les aménagements et d'occuper les sols en tenant compte des sollicitations sismiques. Ainsi par exemple, les plans de prévention des risques doivent permettre de définir les risques sur un territoire donné avec une précision en fonction de la connaissance et des enjeux, d'en déduire une délimitation des zones exposées et de prescrire toutes les mesures de prévention et de protection efficaces face aux secousses sismiques.

Prévention du risque sismique

Construction et réduction de la vulnérabilité

Le respect des règles de construction parasismique doit permettre de construire des habitations individuelles, des immeubles, des bâtiments publics, des grands ouvrages (barrages, tunnels, ponts, etc.) d'une résistance aux secousses suffisante pour éviter leur effondrement et sauvegarder les vies humaines. Pour les ouvrages déjà construits, des mesures de réduction de la vulnérabilité peuvent aussi être prises.

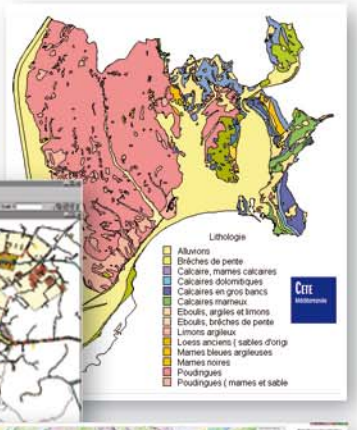
Organisation des secours

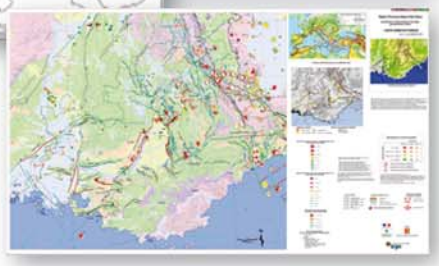
La bonne organisation des secours est essentielle dans la gestion de la crise. Il est donc utile de planifier, dans la mesure du possible, préalablement les secours. Cela doit permettre, à la suite d'un phénomène grave, la mise en œuvre rapide et efficace de tous les moyens de secours disponibles.

Les mesures prises dans la région PACA

Analyse des événements historiques (SisFrance)

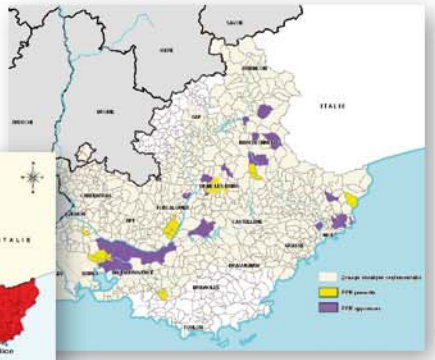
Nombreuses études scientifiques portant sur la connaissance des aléas (failles, effets de site), l'évaluation de la vulnérabilité des enjeux, les scénarios de risque.





Réseaux nationaux et locaux d'enregistrement en continu des séismes

Zonage sismique et réglementation parasismique



Information et formation des citoyens

- Pour chacun des 6 départements, un **Dossier Départemental des Risques Majeurs (D.D.R.M.)** est consultable en Préfecture ou en Mairie et souvent aussi via internet.

- La Préfecture établit pour chaque commune de son département soumise à un risque, un **porté à connaissance sur les risques**.

- Le maire réalise un **Document d'Information Communal des Risques Majeurs (D.I.C.R.I.M.)**.

Organisation des secours

- **Au niveau de chaque commune** : plan communal de sauvegarde, obligatoire dans certaines communes, recommandé pour d'autres.
- **Au niveau de chaque département** : plan ORSEC

RETOUR AU SOMMAIRE

Les principales actions d'information préventive

"Les citoyens ont un droit à l'information sur les risques majeurs auxquels ils sont soumis...", extrait de l'article 125-2 du code de l'environnement. Cette obligation se concrétise au travers des rôles de chacun. Toutefois c'est l'information du citoyen qui est le but à atteindre dans l'ensemble du dispositif d'Information Préventive. Cette information concerne l'ensemble des risques, naturels et technologiques.

LE CITOYEN

Il doit devenir l'acteur majeur de sa propre sécurité. Pour ce faire il est nécessaire qu'il soit le mieux informé possible. Cette information lui permettra d'évaluer sa vulnérabilité et de juger des mesures les plus adaptées à sa situation.

Pourquoi ?	Sur quoi ?
• Acquérir la conscience du risque, • Anticiper (réduction de la vulnérabilité et mise en œuvre du plan familial de mise en sécurité).	• Phénomène - accidents possibles, • Types d'alerte, • Consignes.
Auprès de qui ?	**Quand ?**
Mairie - services de l'Etat & Préfecture.	De manière continue.

Au centre de ce dispositif visant le Citoyen est placée l'information des acquéreurs et des locataires sur les risques (*IAL, article L125-5 du Code de l'Environnement*).

2 objectifs

Entretenir la mémoire du risque

Comment ?

En demandant au vendeur, lors de chaque transaction immobilière, que soit fourni la liste des sinistres ayant fait l'objet d'indemnisation au titre des Catastrophes Naturelles.

Sur quelle base ?

Liste des Déclarations **CAT-NAT** contenue dans le **Document Communal d'Information sur les Risques** (DCI) disponible en mairie sous-préfecture et préfecture.

Quel Support ?

Papier libre.

Développer la culture du risque

Comment ?

En demandant au vendeur, lors de chaque transaction immobilière, que soit renseigné l'état des risques faisant l'objet d'un PPR prescrit, approuvé ou appliqué par anticipation **ou lorsque le bien vendu est situé dans une zone de sismicité Ia à III**.

Sur quelle base ?

Informations contenues dans le DCI disponible en mairie sous-préfecture et préfecture.

Quel Support ?

Imprimé "Etat des Risques".

La lecture du DDRM (voir rôle de l'Etat ci-après) et du DICRIM (rôle du maire) ainsi que les obligations définies ci-dessus doivent l'inciter à s'informer d'avantage sur les risques et notamment au travers du PPR qui peut prescrire des mesures de réduction de la vulnérabilité. *[PR5]*

Il peut également consulter les sites suivants :
http://www.sisfrance.net
http://www.prim.net/citoyen/definition_risque_majeur/definition.html
http://www.ecologie.gouv.fr/rubrique.php3?id_rubrique=28

LE MAIRE

Assure le lien entre l'information produite et le citoyen au travers des actions suivantes :

Si un Plan de Prévention des Risques (PPR) est prescrit ou approuvé

Quoi ?

Information du Public sur les risques visés par le PPR.

Comment ?

Par des réunions publiques ou tout autre moyen adapté.

Quand ?

En tant que de besoins et à minima tous les deux ans.

Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM)

Comment ?

En reprenant les éléments du Porté à Connaissance sur les Risques (PAC-Risques), complétés par :

- des mesures de prévention de protection et de sauvegarde,
- des évènements significatifs,
- des règles d'urbanisme (PLU).

Pour qui ?

Le citoyen.

Par ailleurs, le Maire doit établir l'Inventaire des Cavités souterraines (via notamment les informations fournies par les habitants). En outre au niveau des zones inondables, il est aussi chargé d'implanter des repères de crues.

Met à disposition du citoyen le Dossier Communal d'Information sur les risques (DCI) au titre de l'IAL (art L125-5 du code de l'environnement)

L' ETAT

Fournit l'information de base. Celle-ci se concrétise à travers deux documents :

Le Dossier Départemental des Risques Majeurs (DDRM)

Pour qui ?

Le maire et le citoyen.

Contenu ?

- Définition des risques,
- Ensemble des risques touchant le département,
- Mesures de prévention et de sauvegarde,
- Etc.

But ?

Information générale de niveau départemental.

Où ?

Préfectures & mairies (disponibilité en cours sur Internet).

Le PAC-Risques

(remplace l'ancien Dossier Communal Synthétique,DCS, sur les risques)

Pour qui ?

Le Maire.

Contenu ?

- Servitudes,
- Cartographies d'aléa et documents réglementaires,
- Arrêtés Cat-Nat,
- Modèle d'affiche,
- Principaux évènements.

But ?

Permettre au maire d'établir le DICRIM.

Elabore le Dossier Communal d'Information sur les risques (DCI)

RETOUR AU SOMMAIRE

La classification réglementaire des ouvrages (bâtiments, équipements, infrastructures)

Les textes qui régissent actuellement la prévention du risque sismique sont inscrits dans la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et la prévention des risques majeurs et son décret d'application du 14 mai 1991 (n°91-461). Deux types d'ouvrage, à "risque normal" et à "risque spécial", sont définis et renvoient à une réglementation parasismique spécifique en fonction de l'une ou l'autre de ces deux catégories.

Extrait du décret n° 91-461 du 14 mai 1991 (modifié par Décrets n° 2000-892 du 13 septembre 2000 et n° 2004-1413 du 23 décembre 2004) :

Article 1 : *"Le présent décret définit les modalités d'application de l'article L. 563-1 du Code de l'Environnement, en ce qui concerne les règles particulières de construction parasismique pouvant être imposées aux équipements, bâtiments et installations dans les zones particulièrement exposées à un risque sismique."*

Article 2 : *"Pour la prise en compte du risque sismique, les bâtiments, les équipements et les installations sont répartis en deux catégories, respectivement dites "*à risque normal*" et "*à risque spécial*".*

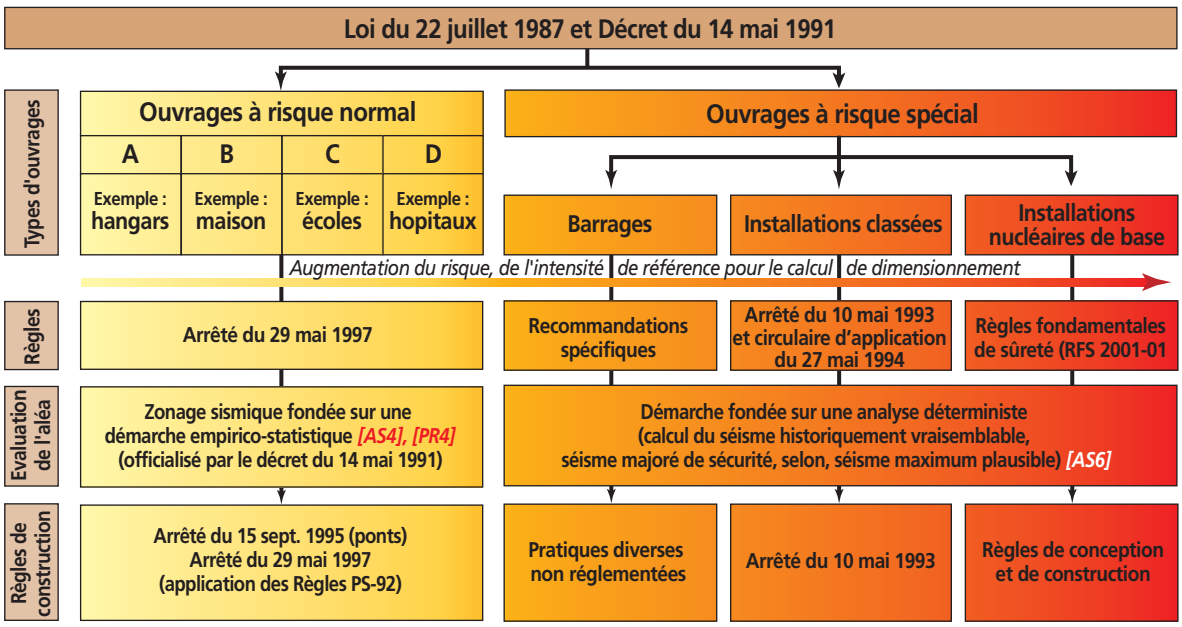
Article 3 : "*La catégorie dite "* à risque normal" comprend les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.(...)"
En fonction de la défaillance de l'ouvrage et le risque susceptible d'être engendré, quatre classes sont distinguées (A, B, C, D).

Article 4 : *Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique de la catégorie dite "*à risque normal*", le zonage sismique de la France est rendu officiel.*

Article 5 (modifié par Décret 2000-892 2000-09-13 art. 1 II JORF 15 septembre 2000) : *Des mesures préventives et notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques concernent les ouvrages à risque normal de classes B, C et D et situés dans les zones de sismicité I a, I b, II et III.* [PR4]
Les dispositions ci-dessus s'appliquent :
- *aux équipements, installations et bâtiments nouveaux ;*
- *aux additions aux bâtiments existants par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles ;*
- *aux modifications importantes des structures des bâtiments existants.*

Article 6 : *"La catégorie dite "* à risque spécial" *comprend les bâtiments, les équipements et les installations pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement de dommages même mineurs résultant d'un séisme peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat desdits bâtiments, équipements et installations."*

Article 7 : *Des mesures préventives et notamment les règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques relatives à la catégorie dite "*à risque spécial*" correspondent à des arrêtés spécifiques fixés en fonction du type d'ouvrages.*



Ouvrage à risque normal

Ouvrages pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. Ils sont classés en 4 catégories :

Classe A : ouvrages dont la défaillance présente un risque minime pour les personnes ou l'activité économique.
Activité de longue durée exclue.
Ex : **hangar à foin**

Classe B : ouvrages dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes.
Ex : **maison**
- habitations individuelles
- habitations collectives, bureaux, h <= 28 m
- établissements recevant du public de 4e et 5e catégories
- parcs publics de stationnement
- autres bâtiments accueillant au plus 300 personnes

Classe C : ouvrages à risque élevé pour les personnes ou les activités.
Ex : **école**
- bâtiments d'habitation collectifs, bureaux, h > 28 m
- établissements recevant du public de 1ère à 3e catégories
- autres bâtiments accueillant plus de 300 personnes
- établissements sanitaires et sociaux sauf exception
- bâtiments de production collective d'énergie

Classe D : ouvrages dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou l'ordre public.
Ex : **hôpital**
- bâtiments abritant les moyens de secours
- bâtiments définis par le ministère de la défense
- bâtiments assurant les communications
- établissements recevant du public de santé spécialisés en affectations graves
- production et stockage d'eau potable
- distribution publique de l'énergie
- centres de météorologie

L'arrêté du 29 mai 1997
- précise la nature des bâtiments concernés par ces 4 classes
- définit les règles de constructions à appliquer : règles PS92 (norme NF P 06-013) ou règles PS-MI 89 révisées 92 (norme NF P 06-014).
- définit la valeur minimale de l'accélération nominale en fonction de la zone sismique réglementaire (0, Ia, Ib, II ou III) et la classe d'ouvrage (B, C ou D ; non obligatoire pour A).

Ouvrage à risque spécial

Ouvrages pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement, de dommages même mineurs résultant d'un séisme, peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat de ces ouvrages
Ex : **les barrages, les centrales nucléaires**
Les barrages et les installations nucléaires font l'objet de recommandations de sûreté particulières.

Les installations classées pour l'environnement (ICPE)
L'arrêté du 10 mai 1993 fixe les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées et précise notamment les mouvements sismiques de référence à prendre en compte :
- en zone 0 et Ia du zonage sismique réglementaire, mouvement forfaitaire (sauf demande de la DRIRE),
- en zone Ib, II et III, évaluation des "SMHV" et "SMS" *[AS3]*.

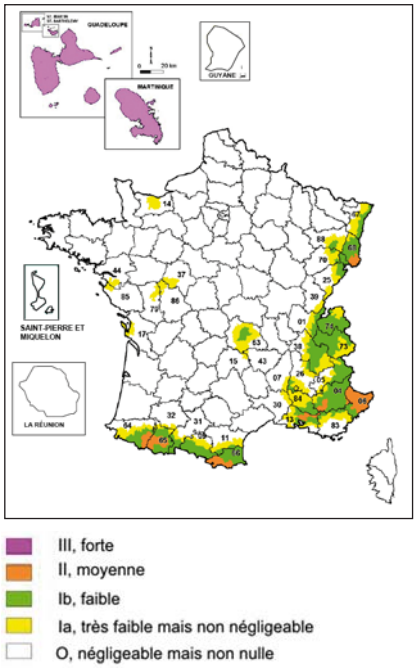
RETOUR AU SOMMAIRE

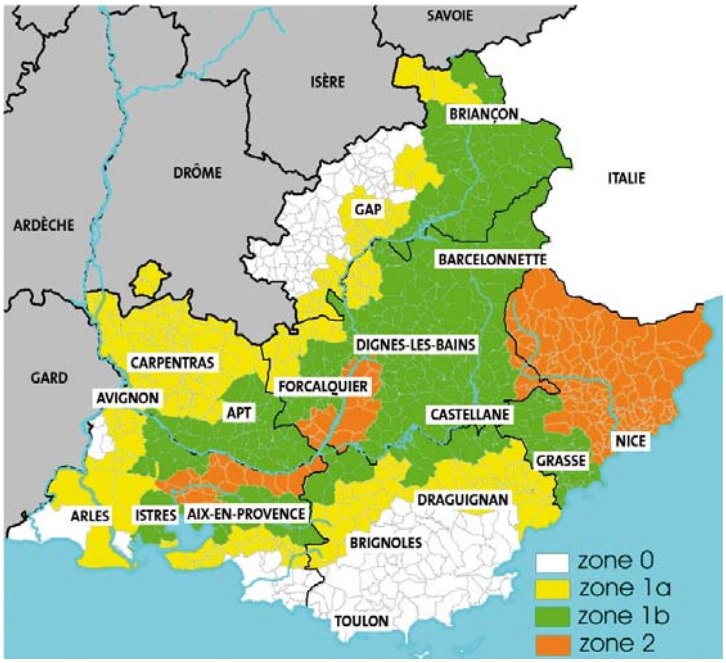
Le zonage sismique réglementaire

Le zonage sismique français actuellement en vigueur pour l'application du Code de la Construction et de l'Habitation constitue une référence réglementaire depuis la publication du décret du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique. Ce zonage date des années 80. Il repose pour l'essentiel sur les données de la sismicité historique. Cinq zones de niveau de sismicité croissant y sont distinguées : 0, Ia, Ib II et III.

A partir des observations des sismologues et géologues, des décisions administratives ont été prises canton par canton.
Le découpage cantonal de référence est celui de la fin de l'année 1989.
Cette classification des subdivisions territoriales correspond au zonage sismique réglementaire de la France.

Zones de sismicité





Évolution en cours du zonage réglementaire

Le zonage officiel en vigueur en France à compter de 1991 date des années 80. Mais depuis, la connaissance de la sismicité et des failles actives a beaucoup évolué, et le futur code européen de construction parasismique – l'Eurocode 8 – a rendu nécessaire la révision de ce zonage.

L'Eurocode 8 sera le résultat d'une harmonisation des règles parasismiques, actuellement nationales, au niveau européen. Cette future réglementation fait appel à une description probabiliste de l'aléa sismique.

Aussi, une nouvelle carte nationale de l'aléa sismique *[AS5]* a été publiée par le ministère de l'écologie et du développement durable le 21 novembre 2005. Elle doit servir de base au futur zonage réglementaire pour l'application des règles techniques de construction parasismique.

L'article 5 du décret 91-461 (modifié par décret 2000-892) stipule :

*"Des mesures préventives et notamment des règles de construction, d'aménagement et d'exploitation parasismiques sont appliquées aux bâtiments, aux équipements et aux installations de la catégorie dite "à risque normal", appartenant aux classes **B, C et D** et situés dans les zones de sismicité **Ia, Ib, II et III**.(...)" [PR3]*

Zonage sismique réglementaire de la France
Classement des cantons (découpage fin 1989) de la région PACA

Départements	Zone 0	Zone Ia	Zone Ib	Zone II
04 ALPES DE HAUTES PROVENCE	Tous les autres cantons	Banon La Motte Noyers-sur-Jabron	Allos Barcelonnette Le Lauzet-Ubaye Saint-Paul Annot Castellane Colmars St-André-les-Alpes Senez Barrème Digne (2 cantons) La Javie Mézel Moustiers-Ste-Marie Riez Seyne Forcalquier Reillanne St-Etienne Sistéron Turriers Volonne	Entrevaux Les Mées Valensole Manosque (2 cantons) Peyruis
05 HAUTES ALPES	Tous les autres cantons	La Grave Le-Monetier-Les-Bains La-Batie-Neuve Gap (4 cantons) Laragne-Monteglin Orcières Ribiers Tallard	Aiguilles L'Argentière-La-Bessée Briançon (2 cantons) Guillestre Chorges Embrun Savines-le-Lac	
06 ALPES MARITIMES	Tous les autres cantons		Antibes (2 cantons) Le Bar-sur-Loup Cannes Le Cannet Grasse St-Auban St-Vallier-de-Thiey	Cagnes-sur-Mer Carros Coursegoules Vence Beausoleil Breil-sur-Roya Contes L'Escarene Nice (11 cantons) Puget-Théniers Roquebillière Roquesteron St-Etienne-de-Tinée St-Martin-Vésubie St-Sauveur-sur-Tinée Sospel
13 BOUCHES DU RHONE	Tous les autres cantons	Arles (canton Est) Gardanne Marignane Martigues Chateaurenard St-Rémy-de-Provence Roquevaire	Aix-En-Provence (2 cantons) Trets Berre-L'Etang Istres Eyguières Orgon	Lambesc Peyrolles-en-Provence Salon-de-Provence
83 VAR	Tous les autres cantons	Barjols Callas Draguignan Fayence Fréjus St-Raphael Salernes St-Maximin-la-Sainte-Beaume Tavernes	Aups Comps-sur-Artuby Rians	
84 VAUCLUSE	Tous les autres cantons	Avignon (4 cantons) Beaumes-de-Venise Bédarrides Bollène Carpentras (2 cantons) Gordes L'Isle-sur-La-Sorgue Malaucène Mormoiron Orange (2 cantons) Pernes-les-Fontaines Sault Vaison-la-Romaine Valréas	Apt Bonnieux Cedenet Cavaillon Pertuis	

RETOUR AU SOMMAIRE

Les plans de prévention du risque sismique

Instaurés par la loi du 2 février 1995 (article L.562-1 du Code de l'Environnement), les plans de prévention des risques naturels prévisibles (PPR) relèvent de la responsabilité de l'État. Ils ont pour objet de cartographier les zones soumises aux risques naturels, puis d'y définir des règles d'urbanisme (autorisation et interdiction) et de construction ainsi que des mesures de protection et de sauvegarde.

Les **Plans de Prévention des Risques (PPR)** sont des documents **réalisés par l'État en concertation avec les collectivités locales sur des territoires exposés** à des aléas d'importance significative afin de **réduire les risques et d'en limiter les conséquences sur les personnes et les biens**. Ces plans peuvent concerner les risques naturels, technologiques ou miniers. Dans le cas d'un Plan de Prévention au Risque Sismique, on parle de PPRN-sismique.

Les PPR annexés aux documents d'urbanisme valent **servitudes d'utilité publique**. S'imposant à tous (particuliers, entreprises, collectivités, État), ils définissent **les règles d'urbanisme, de construction et de gestion qui s'appliqueront au bâti existant et futur. Ils permettent également de définir des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde à prendre par les particuliers et les collectivités territoriales**. Ces plans visent aussi bien les projets nouveaux que les enjeux existants. Ils prescrivent ainsi des **mesures de réduction de la vulnérabilité des personnes et des biens**.

De plus, les PPRN-sismique, en vertu de la loi du 30 juillet 2003 et du décret du 23 décembre 2004, peuvent fixer des règles de construction parasismique plus adaptées que celles définies en application du décret n°14-461 du 14 mai 1991.
Les PPR remplacent les anciennes procédures PER (plans d'exposition aux risques) et R 111-3.

Extrait du décret n° 2004-1413 du 13 décembre 2004 :

"Art. 7-1. - Lorsqu'il prend en compte un risque sismique, un plan de prévention des risques naturels prévisibles établi en application des articles L. 562-1 à L. 562-7 du code de l'environnement peut, compte tenu des valeurs caractérisant les actions de séismes qu'il retient, fixer des règles de construction mieux adaptées à la nature et à la gravité du risque que les règles définies en application des articles 5 et 7, sous réserve qu'elles garantissent une protection au moins égale à celle qui résulterait de l'application de ces dernières règles.

Ces règles de construction concernent notamment la nature et les caractéristiques des bâtiments, des équipements et des installations ainsi que les mesures techniques préventives spécifiques."

Extrait de l'article L562-1 du Code de l'Environnement :

"**I.** L'Etat élabore et met en application des plans de prévention des risques naturels prévisibles tels que les inondations, les mouvements de terrain, les avalanches, les incendies de forêt, les séismes, les éruptions volcaniques, les tempêtes ou les cyclones.

II. Ces plans ont pour objet, en tant que de besoin :

1. De délimiter les zones exposées aux risques, dites "zones de danger", en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru, d'y interdire tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle ou, dans le cas où des constructions, ouvrages, aménagements ou exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient y être autorisés, prescrire les conditions dans lesquelles ils doivent être réalisés, utilisés ou exploités ;

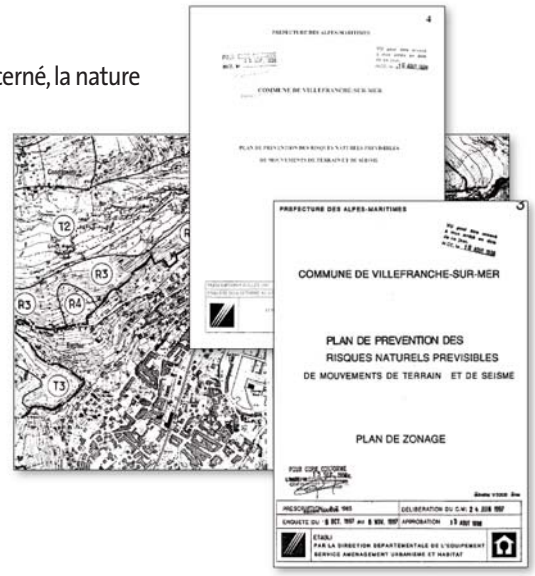
2. De délimiter les zones, dites "zones de précaution", qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où des constructions, des ouvrages, des aménagements ou des exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux et y prévoir des mesures d'interdiction ou des prescriptions telles que prévues au 1 ;

3. De définir les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde qui doivent être prises, dans les zones mentionnées au 1 et au 2, par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux particuliers ;

4. De définir, dans les zones mentionnées au 1 et au 2, les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

III. La réalisation des mesures prévues aux 3 et 4 du II peut être rendue obligatoire en fonction de la nature et de l'intensité du risque dans un délai de cinq ans, pouvant être réduit en cas d'urgence. A défaut de mise en conformité dans le délai prescrit, le préfet peut, après mise en demeure non suivie d'effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur. (...)"

Le projet de plan comprend :



1. **Une note de présentation** indiquant le secteur géographique concerné, la nature des phénomènes naturels pris en compte et leurs conséquences possibles compte tenu de l'état des connaissances ;

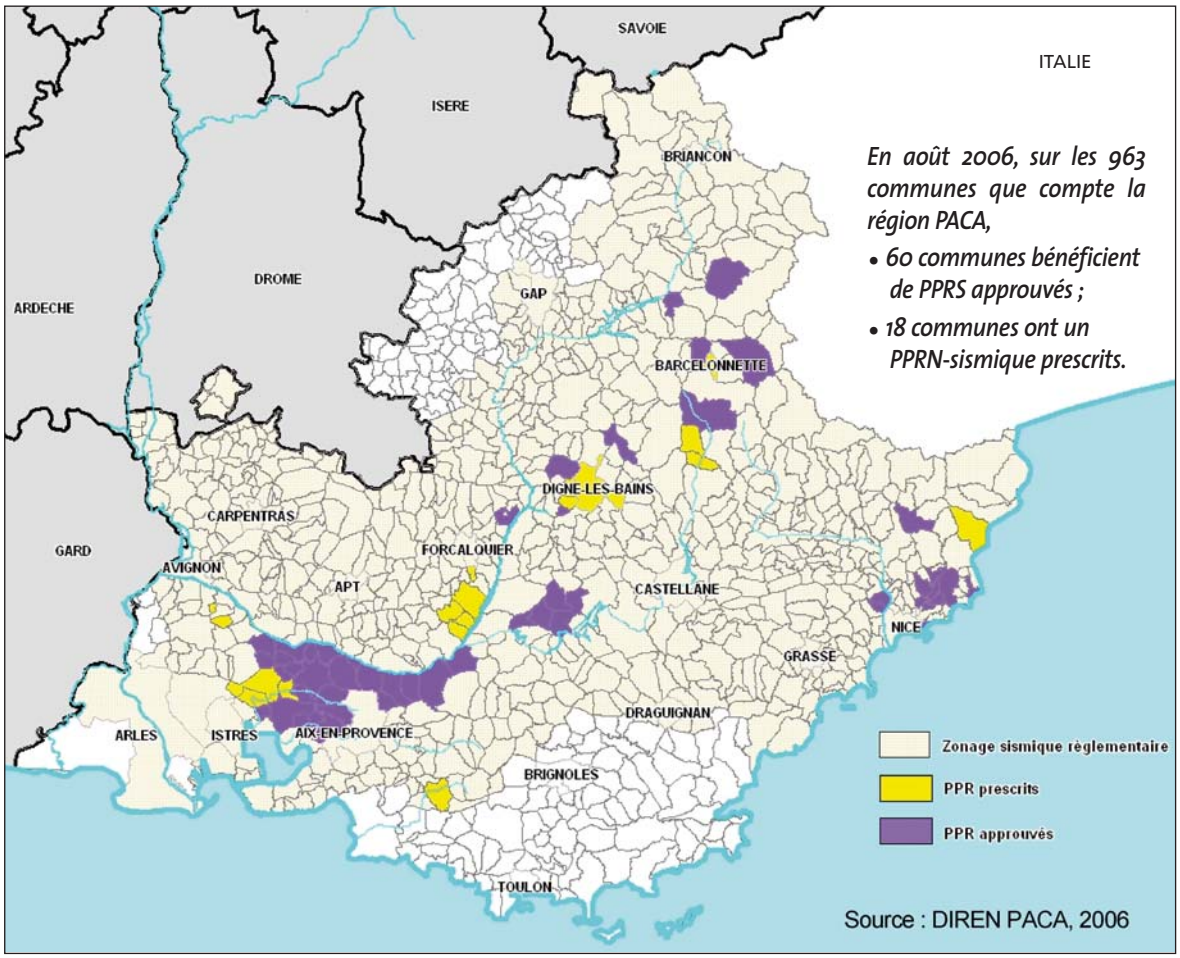
2. **Un ou plusieurs documents graphiques** délimitant les zones à risque :

   a) zones exposées directement aux risques, dites "**zones de danger**", en tenant compte de la nature et de l'intensité du risque encouru et des zones (article L. 562-1 du code de l'environnement) ;

   b) "**zones de précaution**", zones qui ne sont pas directement exposées aux risques mais dont les constructions, les aménagements ou activités pourraient aggraver des risques ou en provoquer de nouveaux.

3. **Un règlement** précisant en tant que de besoin :

- **les mesures d'interdiction et les prescriptions** applicables dans chacune des zones précitées ;
- **les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde**.



Au niveau départemental, des documents d'orientation quinquennaux - **les schémas de prévention des risques** – sont élaborés par le Préfet. Pour le risque sismique, ces schémas sont appelés à préciser notamment **la programmation des PPRN-sismique** et **les opérations financées** au titre de ce risque par le fonds de prévention des risques naturels majeurs dit "fonds Barnier".

RETOUR AU SOMMAIRE

La vulnérabilité des territoires aux séismes

D'une façon générale, la vulnérabilité caractérise la capacité d'un enjeu (personne ou bien) à résister à un aléa (séisme par exemple). Elle se traduit par une estimation des conséquences d'un phénomène naturel sur les enjeux (dommages directs ou indirects).

1 - La vulnérabilité des constructions aux séismes

Elle représente **l'importance des dommages attendus lors d'un séisme d'une intensité donnée**. Elle est en général exprimée en pourcentage du coût de la construction ou sur une échelle variant de 0 (aucun dommage) à 1 (perte totale).

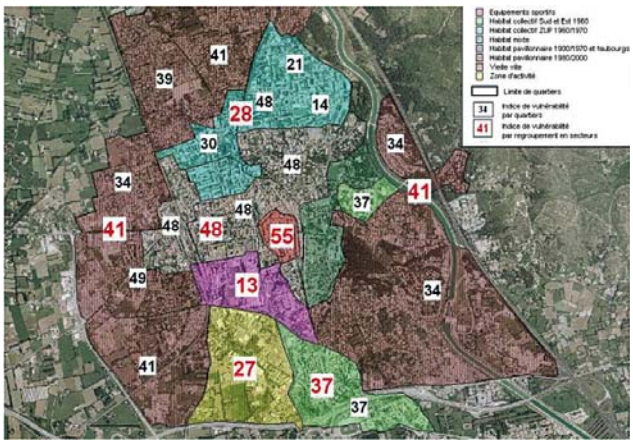
La vulnérabilité d'une construction dépend de ses caractéristiques architecturales et structurales et de son état de conservation. La nature des sols, la topographie du terrain d'implantation et le site environnant - naturel et bâti - ont également une influence sur cette vulnérabilité. Par exemple, un bâtiment faiblement vulnérable aux séismes pourra être endommagé lors d'une secousse par des chutes de blocs ou l'effondrement d'une construction voisine.

Séisme de Provence du 11 juin 1909

2 - Evaluer la vulnérabilité pour la réduire

Mener une étude de vulnérabilité aux séismes permet d'**identifier la nature et la priorité des actions de réduction de vulnérabilité** nécessaires. Cette démarche améliore également la connaissance du territoire et permet de mettre en évidence des anomalies ou des dysfonctionnements (par exemple, problème de sécurité) indépendants ou non du risque sismique.

L'étude de la vulnérabilité peut être menée à **différentes échelles** : groupement de communes, ville, quartier, parc immobilier spécifique (exemple : ensemble des écoles), bâtiments stratégiques (bâtiments à fort enjeu),...



Source: CETE Méditerranée

A l'échelle du bâtiment, on parle de **diagnostic de vulnérabilité**.
Ce diagnostic est essentiel pour les établissements recevant du public et les ouvrages pouvant jouer un rôle en cas de séisme. Il est le préalable à toutes interventions sur une construction existante.

Exemple de cartographie de la vulnérabilité

3 - Actions de réduction de la vulnérabilité

Réduire la vulnérabilité des territoires aux séismes permet de **limiter le nombre de victimes, les dommages et les conséquences économiques** sur un territoire. En fonction des types de vulnérabilité auxquels on s'intéresse des actions spécifiques de réduction existent.

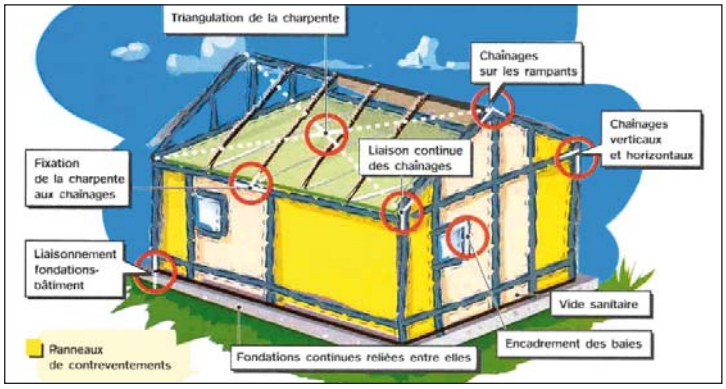
Pour les nouvelles constructions, réduire la vulnérabilité du bâti passe par une conception adaptée et le **respect des règles de construction parasismique (PS)**.

Pour les bâtiments existants non construits selon les règles PS, un diagnostic de vulnérabilité est nécessaire, et notamment pour les établissements recevant du public et les constructions dont le fonctionnement est importante en cas de situation de crise.

Les outils de maîtrise de la vulnérabilité urbaine aux risques majeurs

Type de vulnérabilité	Famille d'outils	Principales applications
Vulnérabilité individuelle	Développement de la culture du risque	Documents de sensibilisation, cycles de formations, réunions publiques…
Vulnérabilité organisationnelle	Management des organisations, planification opérationnelle	Système de gestion de la sécurité, plans de secours…
Vulnérabilité de dépendance	Gestion systémique	Réduction de la vulnérabilité des réseaux, alternatives de fonctionnement
Vulnérabilité géographique	Maîtrise de l'urbanisation et aménagement	SCOT, PLU, PPR, PPRT, ZAC…
Vulnérabilité structurelle	Conception architecturale Définition technique, neuf et réhabilitation	Règles de constructions, OPAH, PRI…

Source : CERTU-CETE Méditerranée.



*Ce **diagnostic** permet de définir la nécessité éventuelle et les modalités de renforcement.*
Au delà des obligations réglementaires [PR7], la modification ou l'extension d'un bâtiment existant est l'occasion de réduire la vulnérabilité de l'édifice aux séismes.

Des financements relatifs aux études et aux travaux de prévention sont attribués par l'État et la Région. Au titre du fonds Barnier,le Ministère de l'Écologie et du Développement Durable attribue des subventions :

- aux collectivités locales lorsque leur territoire est couvert en tout ou en partie par un Plan de Prévention des Risques(PPR) prescrit ou approuvé ;
- aux propriétaires privés et aux exploitants d'entreprises de moins de 20 salariés lorsque les actions envisagées ont un statut obligatoire au sein d'un Plan de Prévention des Risques (PPR) approuvé.

Pour les collectivités territoriales ces subventions s'élèvent à 50% pour les études et 25% pour les travaux de protection. Pour les propriétaires, le financement des études et travaux de prévention s'effectue à hauteur de 40% des dépenses éligibles pour les biens à usage d'habitation ou à usage mixte et de 20% pour les biens à usage professionnel.

RETOUR AU SOMMAIRE

Les règles de construction parasismique pour les ouvrages à risque normal

La construction d'ouvrages à risque normal en zone de sismicité est soumise au respect des règles de construction parasismique, actuellement en cours d'évolution. Il en est de même dans le cas de travaux sur l'existant.

Cas des constructions nouvelles

Règles applicables pour les constructions à risque normal autres que les ponts

La construction d'ouvrage à risque normal en zone sismique doit se conformer, en fonction des caractéristiques du projet, aux normes techniques suivantes :

- les règles de construction parasismique PS applicables aux bâtiments, dites **Règles PS 92** (norme NF P 06-013);
- les règles de construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, dites "**Règles PS-MI 89, révisées 1992**" (norme NF P 06-014). Ces règles forfaitaires sont une possibilité de dispense des règles PS92 sous certaines conditions pour les petits bâtiments de classe B.

Afin d'harmoniser les règles techniques de construction au sein de l'Union européenne, la Commission européenne a lancé un vaste projet d'eurocodes structuraux, parmi lesquels l'**Eurocode 8 relatif au calcul des structures pour leur résistance aux séismes**.

L'Eurocode 8 s'applique au dimensionnement et à la construction de bâtiments et d'ouvrages de génie civil en zone sismique. Il fixe des exigences de performance et des critères de conformité. Ses objectifs en cas de séisme sont les suivants :

- **protéger les vies humaines**
- **limiter les dégâts**
- **garantir l'opérationnalité des structures importantes pour la protection civile**.

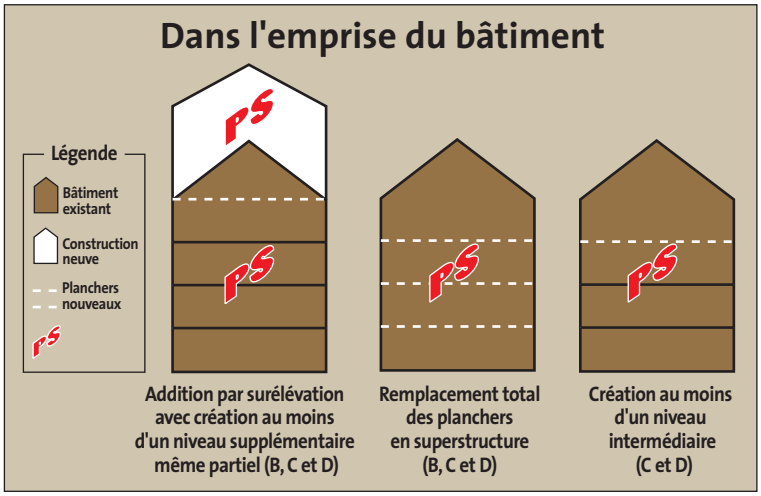
Au travers de sa transposition française, l'**Eurocode 8 a vocation à remplacer les règles de construction parasismique actuellement en vigueur pour les ouvrages à risque normal**.

Cas des constructions existantes

Champ d'application des règles PS à l'existant

Les règles de construction parasismique s'appliquent en fonction des travaux envisagés (cf schémas au verso) **et de la classe du bâtiment** *[PR3]*.

En référence à l'arrêté du 29 mai 1997* et du décret du 13 septembre 2000**, **les règles de construction parasismique s'appliquent aux extensions de bâtiments existants**



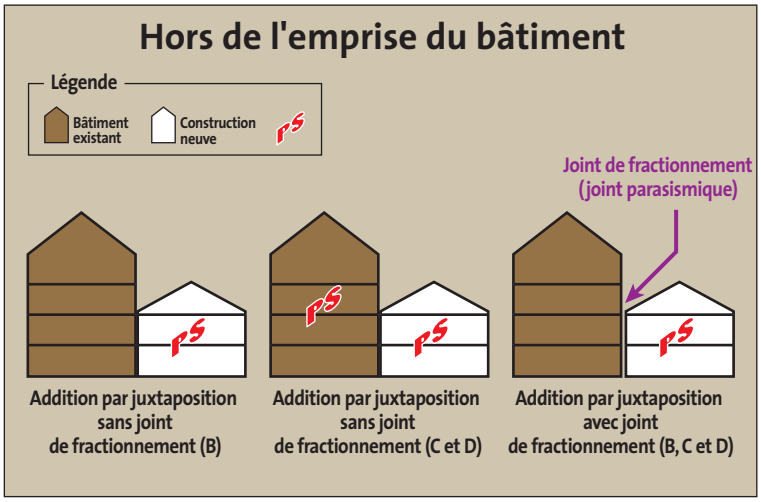
Source : CETE Méditerranée

* Arrêté du 29 mai 1997 relatif à la prévention du risque sismique

** Décret du 13 septembre 2000 portant modification du code de la construction et de l'habitation et du décret du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique.

par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles ainsi qu'aux modifications importantes de la structure du bâtiment existant.

Un PPRS *[PR5]* peut également imposer des travaux de renforcement sur les bâtiments existants.



Source : CETE Méditerranée

Diagnostic et renforcement

Le **renforcement parasismique** d'un bâtiment vise à **améliorer sa résistance aux séismes**. Toute opération de ce type doit impérativement être précédée d'un **diagnostic**. L'impact du renforcement sur l'environnement bâti sera également apprécié.

Certains travaux non couverts par la réglementation parasismique (création ou modification d'ouvertures par exemple) seront aussi l'occasion de renforcement spécifique et nécessiteront des précautions particulières afin de ne pas fragiliser le bâtiment.

En dehors de tous travaux, la réduction de la vulnérabilité d'une construction aux séismes peut être l'objectif unique d'une opération de renforcement (haubanage d'une souche de cheminée par exemple).

RETOUR AU SOMMAIRE

Les recommandations pour l'application de la réglementation aux maisons individuelles

La construction d'une maison individuelle doit respecter les règles PS 92 avec la possibilité, pour une maison de conception simple, d'appliquer les règles PS MI 89 révisées 92.

De la naissance du projet à sa réalisation, on portera son attention sur les points suivants :

Le choix du terrain :
consulter les données disponibles sur votre commune (PPRS...) **et demander conseil à un géotechnicien** (topographie, nature du terrain, présence d'eau, terrain instable, adaptation des fondations à la nature des sols ...)

Le plan de la maison : consulter un architecte
(formes en plan et en élévation éléments structuraux, disposition des ouvertures...).
Dans la mesure du possible, les formes simples (en plan et en élévation) sont à préférer.

L'intervention d'un bureau d'études représente une sécurité :
plan d'exécution, détail de mise en œuvre...
(éléments porteurs - murs, planchers, continuité du ferraillage, liaison toiture-structure, encadrement des ouvertures...

La réalisation par une entreprise reconnue est une garantie :
respect des plans et des règles de mise en œuvre (terrassement, béton de propreté, qualité du mortier et du béton, pose des planchers, mise en place du ferraillage, coordination avec les différents corps d'état...

Les visites de chantiers lors des différentes étapes de construction (préparation du terrain d'assiette, fondation, sous sol, pose des planchers, murs porteurs, toiture...) **permettent un suivi de la construction et d'établir des contacts avec le responsable du chantier désigné par l'entreprise**.

L'importance de la prise en compte du comportement des éléments non structuraux et des équipements lors des secousses sismiques doit être appréhendée
(cheminées, antennes, paraboles, ballons d'eau chaude, raccordements aux différents réseaux, mais aussi armoires, climatiseurs...).

Le contrôle parasismique des constructions (ouvrages à risque normal)

En fonction du type de bâtiment concerné et de sa zone d'implantation, le respect des règles de construction parasismique est soumis à un contrôle de l'administration et à un contrôle technique obligatoire. Le non respect de la réglementation est passible de sanctions pénales et de non indemnisation par le système assurantiel en cas de sinistre.

Contrôle et sanction par l'administration

Le **Code de la Construction et de l'Habitation** définit les mesures de contrôle applicables à tous les bâtiments jusqu'à deux ans après l'achèvement des travaux (article L. 151-1). A ce titre, le **non respect des règles de construction parasismique** peut faire l'objet de **sanctions pénales** (article L. 152-1 à 152-11).

Contrôle Technique

Indépendamment du contrôle par l'administration et afin de prévenir les risques techniques, le maître d'ouvrage peut s'adjoindre les services d'un contrôleur technique (**art. L111-23 du code de la construction**).
Pour certaines opérations, le recours à un contrôleur technique est toutefois obligatoire (**art. R. 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation**) et notamment pour :

- Les établissements Recevant du Public (ERP) des 1re, 2e, 3e et 4e catégories ;
- Les immeubles de grande hauteur ;
- Les bâtiments **situés dans les zones de sismicité II et III** *[PR4]*,
- Les immeubles dont le **plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres par rapport au niveau du sol** ;
- Les bâtiments **situés dans les zones de sismicité I a, I b, II et III** des bâtiments **appartenant à la classe C** *[PR3]*, *[PR4]* et D.

Ces opérations concernent à la fois l'édification des bâtiments neufs ainsi que les travaux réalisés sur les constructions existantes.

Pour les constructions soumises au contrôle technique obligatoire et situées en zone de sismicité, le contrôleur doit assurer les trois missions :

- **Deux missions générales**
  - la **mission L** portant sur la solidité des ouvrages et des éléments d'équipements indissociables, hors séisme
  - la **mission S** portant sur les conditions de sécurité des personnes dans les constructions

- Une mission spécifique au risque sismique
  - la **mission complémentaire ParaSismique PS**.

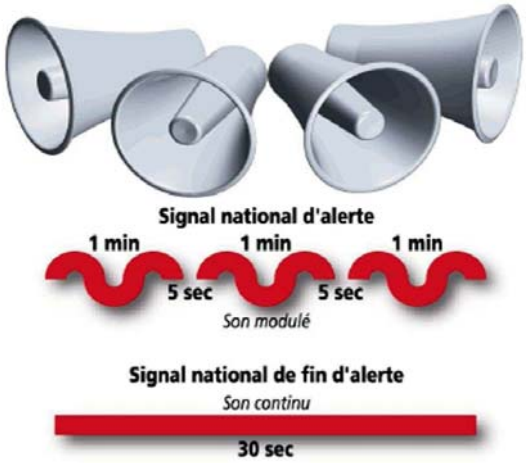
A l'issue de ses missions, le contrôleur technique remet un avis au maître d'ouvrage, avec ou sans réserves, qui pourra ensuite le transmettre à son assureur ou à la commission de sécurité dans le cas d'un établissement recevant du public (ERP).

RETOUR AU SOMMAIRE

Signal d'alerte et organisation des secours

En cas de crise, le signal d'alerte est lancé par le Maire ou le Préfet. Le rôle de ces derniers dépend de l'étendue de la catastrophe. Ils sont chargés d'organiser et de coordonner les secours déployés. La population doit quant à elle connaître les précautions minimales à prendre avant, pendant et après l'apparition du séisme.

En cas de signal d'alerte, la population doit se mettre à l'écoute de la radio (RadioFrance ou radios locales). Les premières informations y seront communiquées, ainsi que les consignes à adopter.
Le signal d'alerte, appelé aussi "Alerte Risque Majeur", annonce un danger imminent (nuage de produit toxique, fuite de gaz, tornade....). C'est un signal prolongé (montant et décroissant) d'une durée de 3 fois 1 minute, espacées de 5 secondes.



Avant la crise, une bonne **organisation et préparation des secours** est essentielle pour la gestion de la crise. En cas de phénomène grave, la mise en œuvre rapide et efficace de tous les moyens disponibles dépendront de cette planification préalable des secours.

En cas de crise, il s'agit alors de combattre le sinistre avec le maximum d'efficacité, en assurant la cohérence stratégique des décisions qui sont prises aussi bien pour la protection de la population que pour la résorption du risque et de la préparation de l'après crise.

Le Maire
est responsable de la mise en oeuvre sur le territoire de sa commune de l'ensemble des mesures relatives "au bon ordre, à la sûreté et à la sécurité publique" (art. L.2212.2 et suivants du code général des collectivités territoriales). La responsabilité de l'organisation et de la coordination des secours lui incombe donc en premier lieu.

Le Préfet intervient :
- pour se substituer à un maire défaillant dans l'exercice de ses pouvoirs de police,
- lorsque le problème concerne plusieurs communes du département,
- pour la mise en oeuvre de polices spéciales, en liaison avec l'émergence de risques nouveaux, en particulier technologiques,
- dès que la nature ou l'importance du sinistre le justifie.

***Le Plan Communal de Sauvegarde** concerne l'organisation des services communaux en cas de crise. Il est fortement conseillé au maire de l'établir (obligation dans certains cas)* afin de préparer au mieux l'organisation de secours surtout dans les premières heures de crise qui sont les plus intenses. Ce plan prévoit la mise en place d'une petite équipe de crise autour du maire au sein d'un poste communal de commandement. Il doit également prévoir la transmission des informations vers la Préfecture.*

* Le PCS est obligatoire pour les communes dotées d'un PPR naturel approuvé et pour celles comprises dans le champ d'application d'un Plan Particulier d'Intervention.

***Le plan ORSEC** est un plan d'organisation de la direction des secours et permet la mobilisation des moyens publics et privés nécessaires à l'intervention. Les secours sont répartis en 4 services :*
- *Sapeur-pompier : premiers secours et sauvetage*
- *SAMU-DDASS : soins médicaux et entraide*
- *Services de Transmission de l'Intérieur : police et renseignement*
- *DDE : travaux et transports*

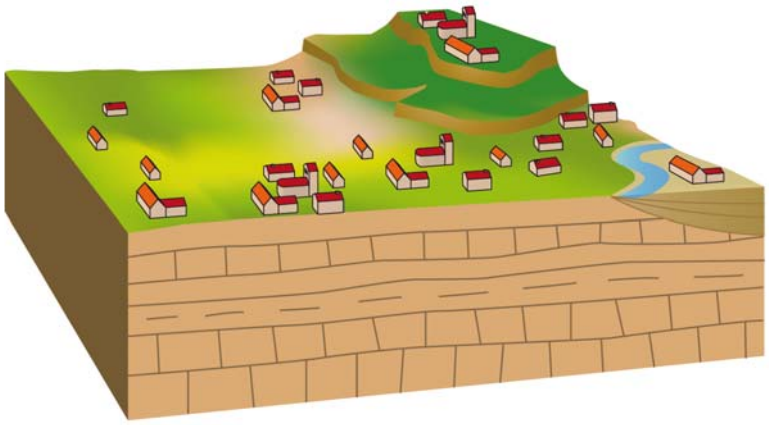
C'est le préfet qui décide de la mise en route du plan ORSEC dans son département. Le plan ORSEC prévoit l'organisation des transports, de la circulation, de l'accueil et de la protection des sinistrés.

RETOUR AU SOMMAIRE

Que doit faire la population ?

Avant un séisme :

- S'informer des risques encourus et des consignes de sauvegarde (consulter les DDRM, DCS, DICRIM),
- Construire en tenant compte des règles parasismiques (vérifier s'il existe un PPR au niveau de la commune),
- Localiser les points de coupure de gaz, eau et électricité,
- Fixer les appareils et meubles lourds,
- Repérer un endroit où l'on pourra se mettre à l'abri.



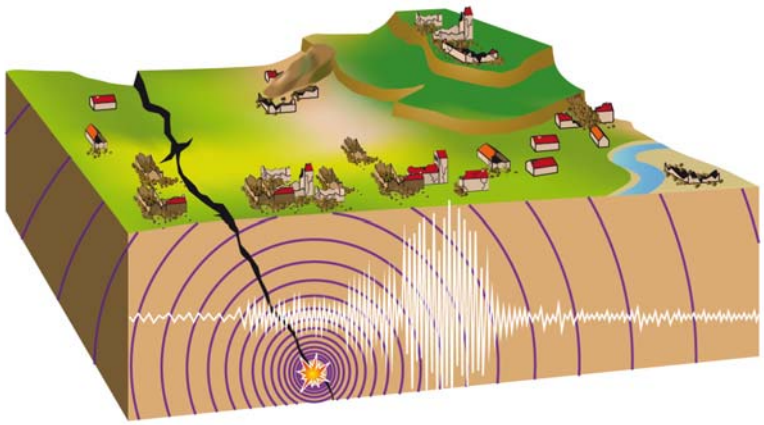
Prévoir également :

- un poste de radio et des piles neuves,
- une lampe de poche puissante,
- un manuel et une trousse de premiers secours,
- quelques provisions alimentaires, de l'eau potable.

Pendant un séisme :

A l'intérieur d'un bâtiment :

- Se mettre à l'abri près d'un angle de mur, une colonne porteuse ou sous des meubles solides,
- S'éloigner des fenêtres ou des vitrages.



Dans la rue :

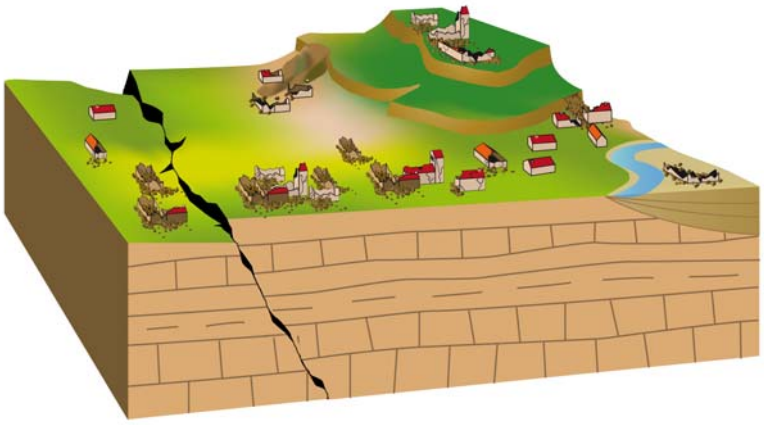
- S'éloigner de ce qui peut s'effondrer (bâtiments, ponts), à défaut s'abriter sous un porche,
- Se diriger vers un endroit isolé en prenant garde aux chutes d'objets,
- S'éloigner des lignes électriques.

En voiture :

- S'arrêter si possible à distance de constructions et de fils électriques,
- Ne pas descendre avant la fin de la secousse.

Après un séisme :

- Couper l'eau, le gaz et l'électricité,
- Ne pas allumer de flamme, ne pas fumer,
- En cas de fuite, ouvrir les fenêtres et les portes, et prévenir les autorités,
- Ne pas prendre l'ascenseur,
- Évacuer le bâtiment,
- L'école s'occupe des enfants : ne pas aller les chercher,
- Se tenir à l'écoute des radios locales et nationales,
- S'éloigner des zones côtières, même longtemps après la fin des secousses en raison d'éventuels raz de marée.



Bloqué sous les décombres : se manifester en tapant contre l'objet le plus approprié (paroi, poutre, canalisation, table...) se trouvant à proximité.

RETOUR AU SOMMAIRE

La prédiction des séismes : un axe de recherche

Où (localisation épicentrale) ? Quand (date de l'événement) ? Comment (magnitude ou intensité du séisme) ? Si l'homme est capable, dans une certaine mesure, d'identifier les principales zones où peuvent survenir des séismes et évaluer leur probabilité de survenance, par contre, actuellement, il n'existe aucune méthode de prédiction à moyen ou court terme de la survenance d'un événement sismique.

La prévision à long terme (d'ordre centennal à decennal) : La sismicité historique qui analyse la récurrence des séismes dans le temps, la sismicité instrumentale qui enregistre au quotidien les secousses terrestres et l'identification des failles actives, permettent de définir l'aléa sismique d'une région, c'est-à-dire la probabilité qu'un séisme survienne. À partir de ces informations, les spécialistes dressent des cartes pour localiser et évaluer les risques afin de mettre en place une politique de prévention.

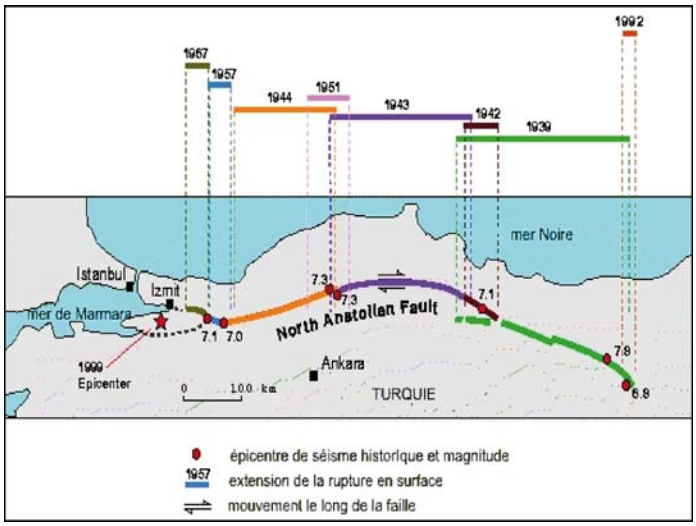


Figure d'après Ross S. Stein, Aykut A. Barka and James H Dieterich, Geophysical Journal International, Vol. 128, 594-604, 1996.

Exemple : depuis 1939, une dizaine de tremblements de terre s'est produit le long de la faille Nord Anatolienne. Le dernier fort séisme est celui du 17 août 1999. Il a causé la mort de près de 20 000 personnes. De magnitude 7, son épicentre était localisé à Izmit.
La localisation des séismes historiques et instrumentaux sur la carte sismotectonique régionale montre une migration de l'activité sismique d'Est en Ouest. Les données sismiques sont suffisamment nombreuses pour autoriser une prévision du prochain fort séisme le long de la faille. L'épicentre de ce dernier sera vraisemblablement proche de la ville d'Istanbul, et cela dans les années à venir, d'après la période d'occurrence observée pour les séismes antérieurs.

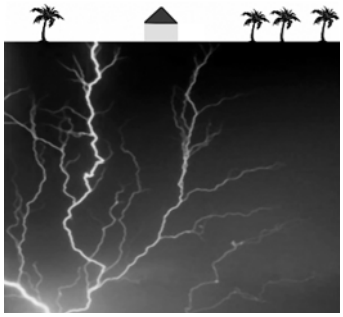
La prévision à moyen terme (durant telle année ou tel mois) ou à court terme (dans la semaine ou à quelques jours) : les paramètres de prévision requis sont plus précis, on parle dans ce cas d'une **prédiction** de survenance d'un séisme. Émanation du gaz radon, changement du niveau altimétrique du sol, phénomène électromagnétique, courant électrique dans le sol, comportement anormal des animaux, etc., de nombreuses anomalies ont été associées à l'occurrence des séismes, mais aucune n'a donné lieu à une méthode fiable de prédiction.

Aujourd'hui de nombreuses équipes de recherche travaillent néanmoins sur l'analyse des signes précurseurs de séismes et le développement d'outil de prédiction.

Exemples de travaux de recherche sur une méthode de prédiction des séismes

La "**méthode chinoise**" : elle est basée sur l'observation de phénomènes anormaux considérés comme précurseurs tels que la variation du champ magnétique terrestre, les anomalies du niveau d'eau des puits, les comportements anormaux des animaux. A la fin des années 60, le gouvernement chinois lança un programme d'enseignement de tous ces signes précurseurs à la population. Cette méthode a permis de prévoir un séisme de magnitude 7,3 en 1975, mais aucun signe précurseur ne fut détecté pour le séisme de 1976 de magnitude 7,8 qui fit 600 000 victimes dans le pays.
Bien qu'intéressante, cette méthode reste incertaine, ces signes précurseurs ne se manifestant malheureusement pas avant chaque séisme et leur interprétation étant très aléatoire.

La méthode VAN : elle tient son nom des trois chercheurs grecs qui l'ont inventée (Varotsos, Alexopoulos et Nomicos) au début des années 80. La théorie de ces chercheurs repose sur une variation brutale de la tension dans le sol qui se produirait avant un séisme : le signal électrique sismique. En Grèce, la méthode a permis de prévenir une dizaine de séismes depuis son installation sur le territoire à la fin des années 80. Cependant cette méthode présente des inconvénients importants (dont la méconnaissance sur l'origine des signaux électriques sismiques mesurés ou la nécessité d'enregistrement préalable de plusieurs séismes pour un calage local) pour être aujourdhui rendue opérationnelle.



Le satellite DEMETER à l'écoute des séismes : au cours des dernières décennies, des mesures effectuées par des satellites observant l'ionosphère terrestre ont mis en évidence des phénomènes étranges, semblant liés à une activité sismique intervenant dans des régions survolées. Vérifier la réalité de tels phénomènes et, s'ils sont avérés, les caractériser sont les objectifs de la mission Demeter (Detection of Electro-Magnetic Emissions Transmitted from Earthquake Regions) du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES). Le satellite DEMETER est en orbite depuis fin juin 2004.

RETOUR AU SOMMAIRE

Le "Plan Séisme"

Source: BRGM

Séisme des Saintes (Guadeloupe) du 21 novembre 2004

Le programme national de prévention du risque sismique, dit "Plan Séisme", est un plan d'actions interministériel d'une période de 6 ans lancé par le ministère de l'écologie et du développement durable le 21 novembre 2005. La vocation première de ce programme est de réduire la vulnérabilité des territoires au risque sismique.

Ses objectifs sont répartis en **quatre grands chantiers** présentés dans la figure ci-dessous. Chaque chantier est aujourd'hui décliné en ateliers et en **plus de 80 actions**.

PLAN SEISME			
CHANTIER 1	**CHANTIER 2**	**CHANTIER 3**	**CHANTIER 4**
Approfondir la connaissance scientifique de l'aléa, du risque et mieux informer sur celui-ci	**Améliorer la prise en compte du risque sismique dans les constructions**	**Concerter, coopérer et communiquer**	**Contribuer à la prévention du risque de tsunami**
Informer et former Développer, programmer et évaluer la connaissance Capitaliser la connaissance	Assurer les respect de la réglementation Maîtriser et réduire la vulnérabilité	Réaliser les objectifs du programme Communiquer Anticiper la crise	Mettre au point un système d'alerte Évaluer et cartographier le risque en Méditerranée et dans les Antilles Former et sensibiliser

La réalisation du Plan Séisme est menée à différentes échelles – nationale et régionale – et implique de nombreux acteurs : collectivités, services de l'État, experts, professionnels de la construction, chercheurs, grand public...

Le Plan Séisme en région Provence - Alpes - Côte d'Azur

Une réflexion est en cours dans notre région pour décliner le plan national et l'adapter aux besoins et attentes spécifiques locales.

Il s'agit dans un premier temps de dresser un bilan des réalisations déjà menées sur le territoire régional, de favoriser la valorisation et la diffusion de ces actions. Dans un second temps, un programme pluriannuel d'actions sera établi.

Par ailleurs, le plan national sera également décliné localement à travers les schémas départementaux de prévention des risques. Dans ce cadre, un scénario départemental de risque sismique *[ER1]* est en cours d'élaboration dans les Bouches-du-Rhône.

IV L'évaluation du risque sismique : principales études réalisées en région PACA

ER.1 Les principes généraux

ER.2 Etude sur une commune : GEMITIS et GEMGEP

ER.3 Une étude transfrontalière : GE.RI.A

ER.4 Une étude sur plusieurs pays d'Europe : RISK-UE

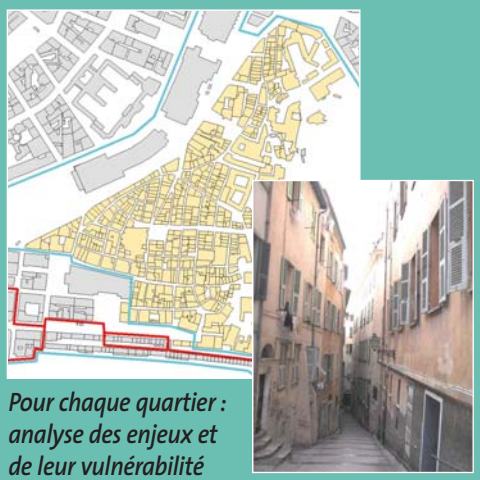
ER.5 Analyse des dysfonctionnements liés aux voies de communication : SISROUTE

ER.6 Identification et classification des failles actives

Résumé au verso ▸

RETOUR AU SOMMAIRE

IV L'évaluation du risque sismique : principales études réalisées en région PACA



Pour chaque quartier : analyse des enjeux et de leur vulnérabilité

Le risque sismique résulte du **croisement entre l'aléa** (agression) et **la vulnérabilité des enjeux**. Actuellement l'approche la plus classique pour évaluer le risque consiste à réaliser des **scénarios événementiels**. Grâce aux études réalisées depuis une dizaine d'années, la méthode pour calculer un scénario de risque a pu constamment évoluer.

Réalisé entre 1996 et 1998, l'objectif du **projet GEMITIS-Nice** était le développement d'une méthode d'évaluation des préjudices humains et des dommages matériels sur la ville de Nice suite à un séisme de forte intensité. Par la suite, entre 1999 et 2005, dans le cadre du **projet GEMGEP**, les secteurs les plus vulnérables de la ville de Nice ont été analysés.

L'étude GE.RI.A. (GEstione RIschi Ambiantale), réalisée entre 1999 et 2001, dans la zone frontalière franco-italienne, de Villefranche-sur-Mer à Cervo a permis de réaliser un système commun franco-italien d'analyse des phénomènes naturels et de mettre au point une gestion commune de prévention et de crise.

Mené entre 2001 et 2004, le programme européen de recherche **RISK-UE** concernait le développement d'une méthode standardisée de scénario sismique fondée sur les caractéristiques communes de sept villes (Nice, Barcelone, Catania, Sofia, Bitola, Bucarest et Thessalonique). Pour chaque ville test, les effets d'un séisme plausible de moyenne à forte intensité ont été examinés avec les décideurs et les acteurs de la ville.

Développée entre 1997 et 2005, **SISMOA** est une méthode d'évaluation préliminaire de la vulnérabilité aux séismes des ouvrages d'art existants dits "courants". Depuis 2005, le le ministère en charge des transports et de l'équipement développe **SISROUTE**, un outil de cartographie automatique des risques de coupures de route en cas de séisme.

En parallèle et en complément aux études de scénarios de risque, la synthèse et l'analyse des connaissances géologiques et sismiques de la région PACA ont donné lieu, en 2006, à une **classification des failles actives** selon leur niveau d'activité présumé et le degré de connaissance dont on dispose. Les résultats de l'étude constituent un apport considérable pour l'évaluation de l'aléa sismique régional.

RETOUR AU SOMMAIRE

Les principes généraux

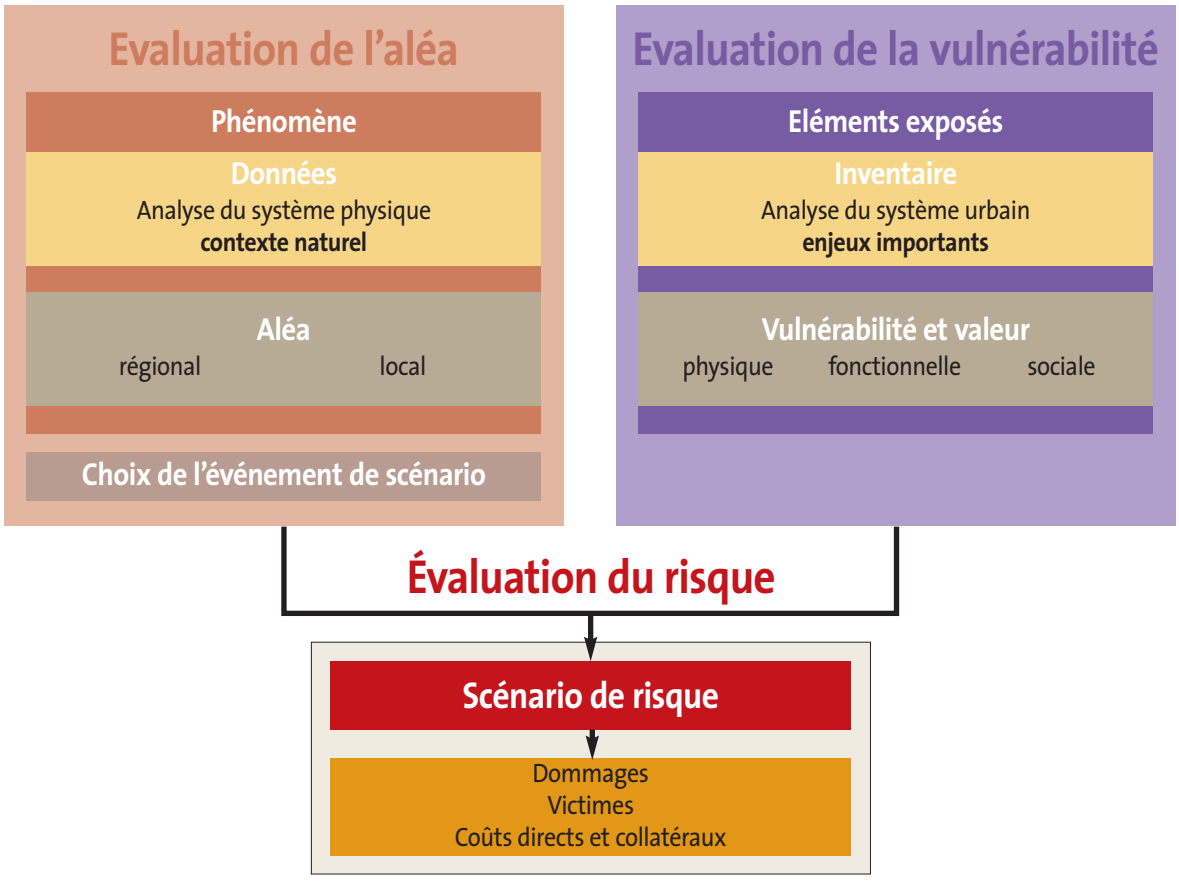
Le risque sismique résulte du croisement entre d'une part l'aléa (agression), et d'autre part la vulnérabilité des éléments exposés et leur valeur (enjeux). Actuellement l'approche la plus classique pour évaluer le risque consiste à réaliser des scénarios événementiels qui amènent à la mise en place de plans de gestion et de plans d'action pour réduire le risque sismique.

Sur la base d'un scénario événementiel, il est possible d'estimer **le niveau de dommages des différents bâtiments, les préjudices humains (décès et blessés) ainsi que les pertes économiques**. Des analyses du dysfonctionnement des systèmes suite aux séismes de scénario sont également menées. Ce type d'étude permet une meilleure prise en compte des risques dans les **projets d'aménagement**. Il constitue aussi **un outil de préparation à la gestion de crise**.

Depuis les années 90, la région PACA, notamment l'agglomération niçoise et les communes voisines, a constitué une zone géographique de référence pour le développement méthodologique de scénarii. A l'origine, le projet GEMITIS-Nice puis GEMGEP pour les ouvrages sensibles ont apporté les bases de la démarche. Par la suite, dans le cadre du projet GERIA, cette démarche a été appliquée à une zone géographique transfrontalière. Le projet de recherche européen RISK-UE a permis d'améliorer considérablement la méthode d'évaluation de la vulnérabilité et la construction de scénario. Les projets SISMOA et SISROUTE, en cours, s'orientent sur les dysfonctionnements générés par les coupures de voies de circulation.

Actuellement, la construction d'un scénario de risque sismique est faite sur plusieurs communes du département des Bouches-du-Rhône. Dans le cadre du Plan Séisme, la région PACA devrait ainsi bénéficier de plusieurs scénarios départementaux.

Principe de réalisation d'un scénario de risque sismique



Etude sur une commune

GEMITIS - Nice

Réalisé entre 1996 et 1998, dans le cadre de la Décennie Internationale pour la Prévention des Catastrophes Naturelles (DIPCN), l'objectif du projet GEMITIS-Nice était le développement d'une méthode d'évaluation des préjudices humains et des dommages matériels sur la ville de Nice suite à un séisme de forte intensité.

Les partenaires

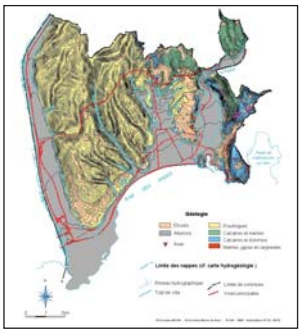
BRGM : coordinateur du projet

In fine les résultats de l'étude devaient permettre la mise à disposition d'un outil de sensibilisation et d'information sur le risque sismique à destination des acteurs locaux (mairies, services municipaux) des services de l'Etat en charge de la gestion du territoire.

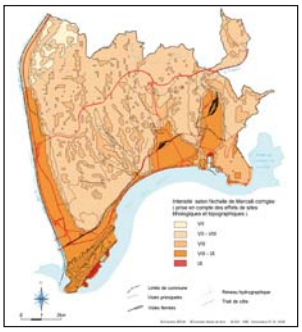
1. Choix du séisme de scénario et évaluation des effets de site sismique

C'est le séisme Ligure de 1887 *[TE5]* qui est retenu comme séisme de référence pour le scénario. Les possibilités d'amplifications locales du mouvement sismique sont également prises en compte.

Nature du sous-sol



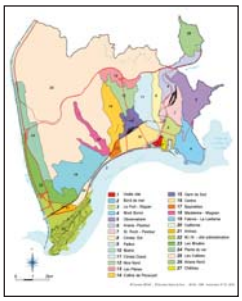
Carte des Intensités



2. Caractérisation des enjeux et évaluation de leur vulnérabilité

Principaux enjeux

Tissu urbain

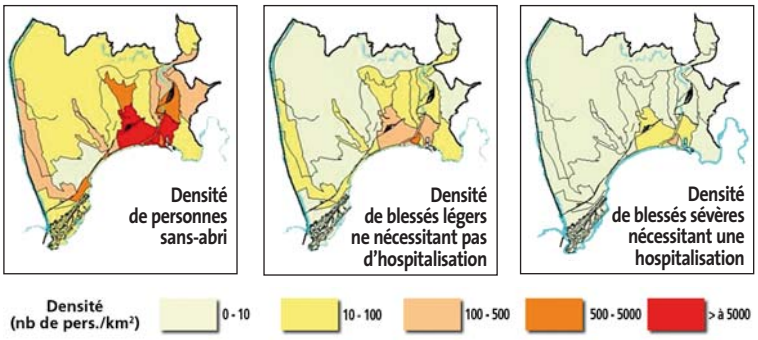


Typologie du bâti

Typologie	Description du bâti
T1	très ancien bâtiment en maçonnerie (construit avant 1880)
T2	ancien bâtiment en maçonnerie (date de 1880 à 1940)
T3	bâtiment dont l'ossature est en béton armé (date de 1945 à 1969)
T4	bâtiment dont l'ossature est en béton armé et construits après 1969

3. Scénario de risque sismique

L'évaluation des dommages au milieu construit s'appuie sur une approche globale et statistique. Elle concerne les bâtiments de classe D communaux, le bâti de classe B et les réseaux principaux. Les résultats sont exprimés sous forme de cartographie des dommages au bâti et d'une évaluation sommaire du nombre de victimes.

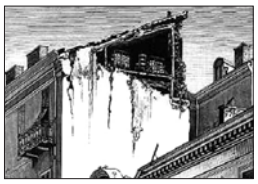


RETOUR AU SOMMAIRE

GEMGEP - Nice

Entre 1999 et 2005, des études de risque sismique ont été réalisées à Nice dans le cadre du projet GEMGEP à l'initiative du Conseil Général des Ponts et Chaussées.
L'objectif était d'une part d'identifier les secteurs les plus vulnérables de la ville et d'autre part d'attirer l'attention sur les bâtiments publics les plus sensibles. Ce projet a été réalisé par le CETE-Méditerranée.

1. Le choix des séismes de scénario et l'évaluation de l'aléa



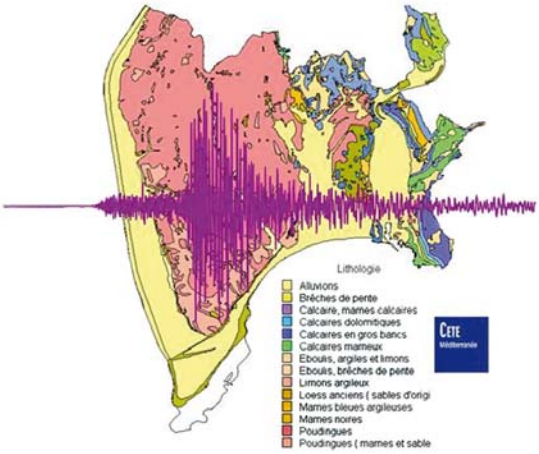
Séisme 1887 – Nice
Source : www.azurseisme.com

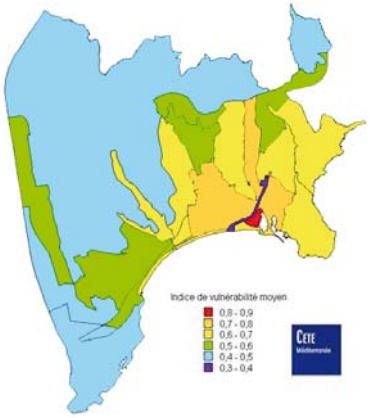
Le choix des deux séismes de scénarios retenus, 1644 et 1887, se base sur la connaissance de l'aléa régional. Il est tenu compte des effets de site potentiels (topographiques et sédimentaires) sur la ville de Nice.

2. La vulnérabilité

La méthode développée pour l'analyse de la vulnérabilité met en œuvre trois étapes :

- Une délimitation de secteurs homogènes pour le bâti (27 sur Nice),
- Puis par secteur, un échantillonnage statistique des bâtiments
- et enfin, une estimation de la vulnérabilité moyenne par quartier.

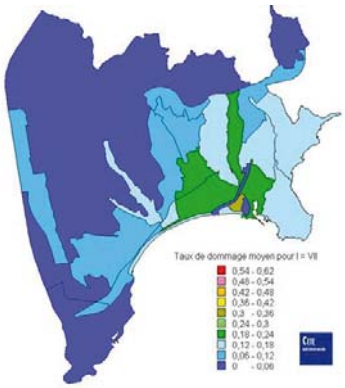




3. Le risque

Les scénarios sismiques réalisés sur Nice se traduisent par des estimations statistiques de l'importance et de la distribution spatiale des **dommages** sur le bâti.

Les résultats de GEMGEP ont permis d'approfondir et de compléter la connaissance de l'aléa et de la vulnérabilité initiée avec GEMITIS.



Séisme 1887 – Nice
Source : www.azurseisme.com

RETOUR AU SOMMAIRE

Une étude transfrontalière : GE.RI.A

L'étude GE.RI.A. (GEstione RIschi Ambiantale), réalisée entre 1999 et 2001, concerne la zone frontalière entre la France et l'Italie, depuis Villefranche-sur-Mer à Cervo.

Les objectifs du projet étaient :

- *réaliser un système commun franco-italien d'analyse des phénomènes naturels, en particulier les séismes,*
- *mettre au point une gestion commune transfrontalière des risques naturels au niveau de la prévention et de la gestion de crise.*

Cette étude a bénéficié d'un financement européen Interreg.

Les partenaires

CONSEIL GENERAL DES ALPES-MARITIMES

Région Provence - Alpes - Côte d'Azur

REGIONE LIGURIA

Università degli Studi di genova

Géosciences pour une Terre durable brgm

BRGM : coordinateur du projet

Bande côtère de 100 km de long et 15 km de profondeur s'étendant de Villefranche-sur-mer (France) à Cervo (Italie).

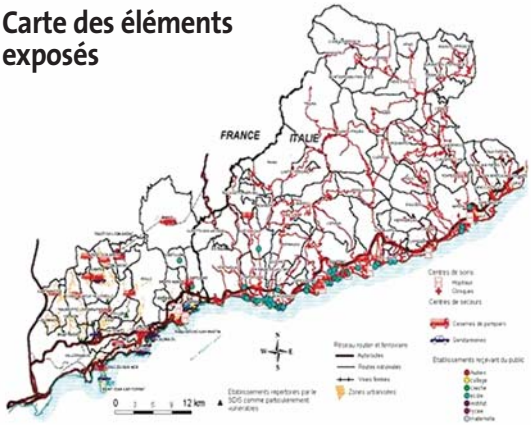
La **zone d'étude** :

Les **résultats** du projet :

1. Bilan des connaissances existantes :

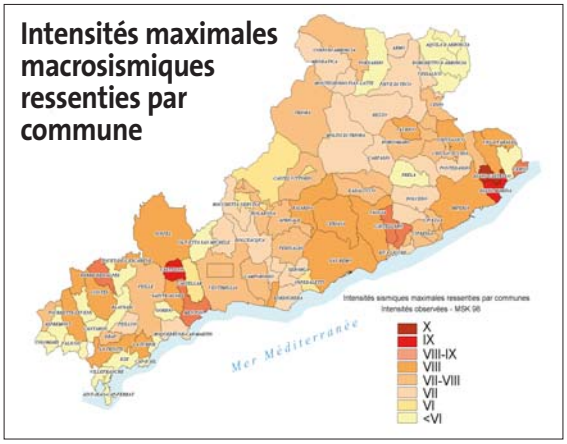
Aléas, enjeux, gestionnaires du risque.

Carte des éléments exposés



2. Structuration des données franco-italiennes en une base commune

Intensités maximales macrosismiques ressenties par commune



3. Réalisation d'un scénario de risque sismique

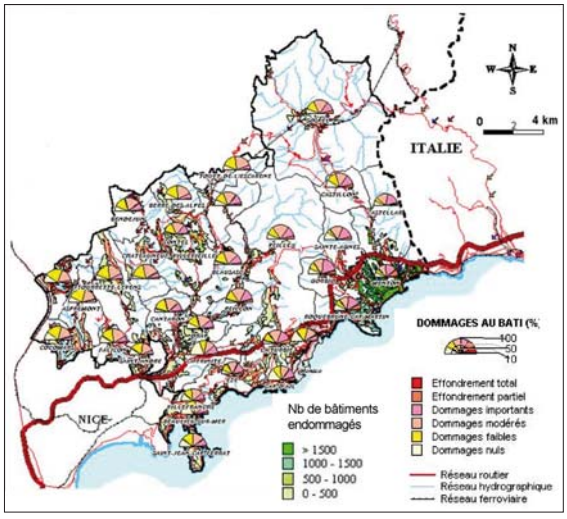
- Choix d'un séisme de scénario, 1887 *[TE5]*, plausible par rapport au contexte sismotectonique
- Évaluation et localisation des principaux dommages sur la zone étudiée.

Séisme de scénarios : mer Ligure, 23/02/1887, Io = IX

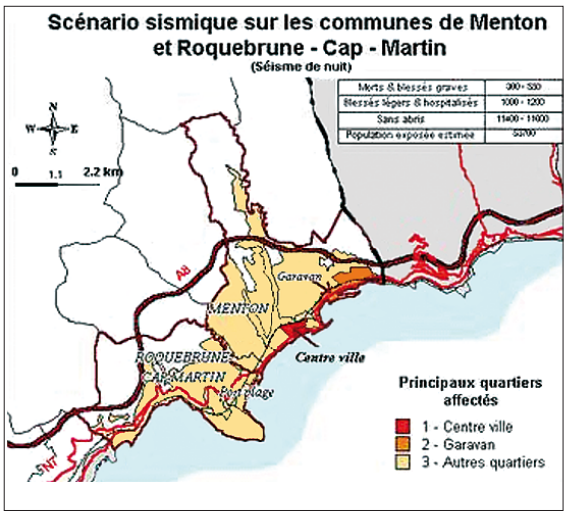
Prise en compte des effets de site

Vulnérabilité des enjeux

Évaluation des pourcentages de dommages au bâti par commune



Evaluation des préjudices humains par commune sur les zones habitées

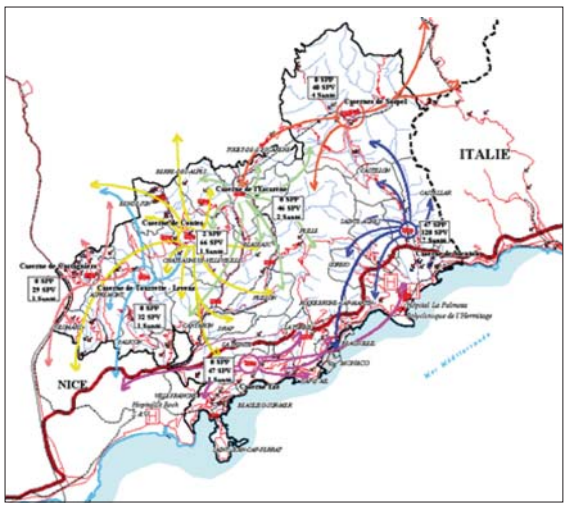


Secteur	Pourcentage de bâtiments à "usage normal" partiellement à totalement détruits	Pourcentage de bâtiments à "usage normal" totalement détruits
53 communes côté français dont Menton, Roquebrune-Cap-Martin, Beaulieu-sur-Mer, Villefranche-sur-Mer…	2,35 à 7,8%	0,6 à 1,4%

4. Analyse des besoins en cas de crise :

Mise en place de stratégies de gestion de crise sur des cas concrets.

Zones d'intervention des principaux centres de secours sur la zone GE.RI.A France



RETOUR AU SOMMAIRE

Une étude sur plusieurs pays d'Europe : RISK-UE

Mené entre 2001 et 2004, l'objectif du programme européen de recherche RISK-UE était le développement d'une méthode standardisée de scénarios sismiques fondée sur les caractéristiques communes de ***sept villes*** *(Nice, Barcelone, Catania, Sofia, Bitola, Bucarest et Thessalonique). Elles possèdent toutes* **un centre historique et un patrimoine culturel important.**

Ces scénarios avaient pour objectif principal ***la sensibilisation des centres de décision d'une ville aux problèmes posés par le risque sismique.***

Pour chaque ville test, après une analyse de l'aléa sismique et des conditions géologiques locales, ***les effets d'un séisme plausible de moyenne à forte intensité*** *ont été examinés avec les décideurs et les acteurs de la ville.*

Une estimation de l'impact sur la population et sur le bâti, a été réalisée en fonction de différents scénarios sismiques afin d'anticiper et de réduire le risque par la mise au point de plans de gestion et de plans d'action.

Les partenaires scientifiques et financiers :

UTC GEO-TER
Politecnico di Milano
Dept Structural Engineering
IZIIS-Skopje AUTH-Thessaloniki
Generalitat de Catalunya
Institut Cartogràfic de Catalunya
CLSMEE CIMNE
Géosciences pour une Terre durable brgm

BRGM : coordinateur du projet Risk-UE Nice

Les villes concernées par le projet RISK-UE

Financement principal

Les principaux impacts du projet RISK-UE :

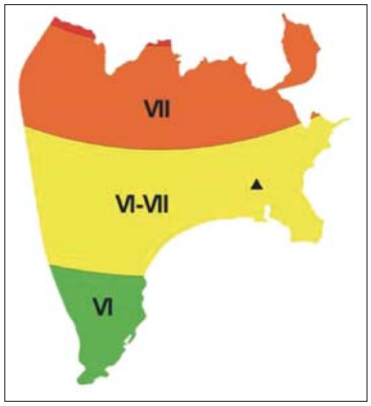
- **Réalisation d'un manuel européen** pour la mise en œuvre des scénarios sismiques en prenant en compte les spécificités européennes.
- **Mise en place de bases de données** mettant l'accent sur les éléments exposés et leur vulnérabilité aux séismes.
- Pour chacune des 7 villes testées, **réalisation de scénarios sismiques** basés sur d'une part une évaluation de l'aléa sismique régional et local et d'autre part, une analyse des enjeux et de leur vulnérabilité.
- **Evaluation des conséquences d'un séisme plausible**, en termes de dommages directs (coûts, victimes) et indirects (dysfonctionnements) avec une attention particulière concernant les centres anciens, l'héritage culturel et l'impact économique.
- **Mise en place dans les villes de services spécialisés** dans la prise en compte des risques, afin d'établir des "plans de gestion" et des "plans d'action" à court, moyen et long terme.

Nice, ville test du projet RISK-UE

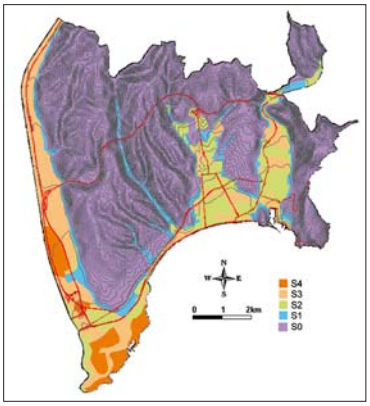
1. Évaluation de l'aléa régional et local, choix de deux séismes de scénarios :

Les séismes de référence retenus sont ceux de 1644 (arrière pays niçois) *[TE2]* et de 1887 (séisme Ligure) *[TE5]*, avec pour le séisme de scénario type 1644, un épicentre rapproché à 15 km au Nord de Nice, et pour le séisme de scénario type 1887, un épicentre localisé à 25 km au large de Nice.

Les deux séismes de scénarios

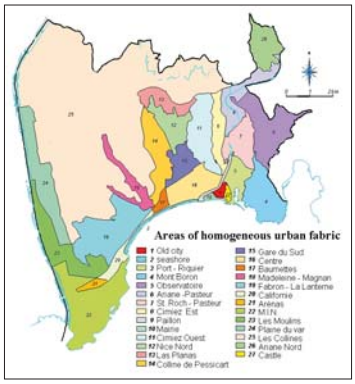


Calcul du mouvement sismique de référence au rocher, scénario type 1644



Cartographie de l'aléa sismique local (microzonage)

2. Évaluation de la vulnérabilité des enjeux :



- Caractérisation des enjeux et structuration en base de données numériques,
- Découpage de la ville en quartier homogène (bâti, activité),
- Pour chaque quartier, calcul des fonctions d'endommagement selon le niveau d'agression sismique (intensité, accélération du sol).

Pour chaque quartier : analyse des enjeux et de leur vulnérabilité

3. Scénarios de risque :

Pour chaque séisme de scénarios retenus, évaluation des dommages sur la ville de Nice et des conséquences à court et long terme.

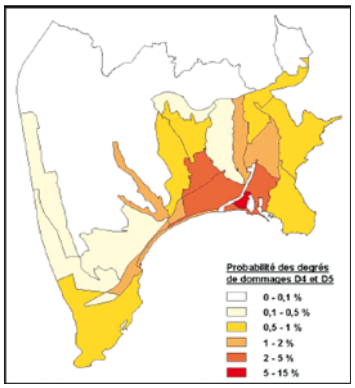
Quartier	% de bâtiments à "usage normal" partiellement à totalement détruits
Vieille ville	5 à 15%
Centre ville	2 à 5%

Pour chaque séisme de scénario : **estimation des dommages matériels**

Préjudices humains	Niveau 1	Niveau 2
Total habitants	**351 376**	**351 376**
P0 : population indemne	350 000	346 000
P1 : blessés légers non hospitalisés	800 - 2 000	< 3 500
P2 : blessés légers hospitalisés	120 - 300	< 600
P3 : blessés graves	10 - 50	150
Total blessés hospitalisés	**150 - 350**	**< 750**
P4 : morts	**50 - 200**	**< 600**
Sans abris	**10 000 - 23 000**	**40 000**
Coût économique direct	**3 à 4,5 Md €**	**7 Md €**

estimation des préjudices (humains, pertes économiques)

\+



Cartographie de la probabilité de dommages, scénario type 1887

4. Définition d'un plan d'action pour la ville de Nice et la CANCA (Communauté d'Agglomération Nice Côte d'Azur) :

Élaboration d'une Chartre et d'un Comité d'orientation et de suivi (COS) pour la réduction du risque sismique suite aux projets GEMITIS, RISK-UE et GEMGEP :

- Définition d'actions techniquement et économiquement réalistes en matière d'aménagement et de construction (contrôle technique parasismique lors de constructions nouvelles, réalisation de diagnostics de l'existant...),
- Organisation des secours, en particulier sur la gestion des sans-abri suite au séisme,
- Éduquer et communiquer sur les possibilités et limites des actions parasismiques, ainsi que sur les conduites à tenir en cas d'événement grave (pendant et après).

RETOUR AU SOMMAIRE

Analyse des dysfonctionnements liés aux voies de communication

SISMOA - Ouvrages d'art

Développée entre 1997 et 2005, SISMOA est une méthode d'évaluation préliminaire de la vulnérabilité aux séismes des ouvrages d'art existants dits "courants" au sens de la circulaire du 5 mai 1994.
L'évaluation fournit des indications sur la vulnérabilité aux séismes de l'ouvrage dans son environnement, à partir de données géométriques et géologiques.

Cette évaluation aboutit à l'identification d'un indice global de vulnérabilité (*Vglobal*) pour chaque ouvrage, qui constitue ainsi un critère de comparaison, donc de classement, de la sensibilité des ouvrages d'art aux séismes, quelque soit la région d'implantation.

La valeur de l'indice global de vulnérabilité (*Vglobal*) résulte du produit de la vulnérabilité d'ensemble de l'ouvrage (*Vgénéral*) et de la vulnérabilité de la partie d'ouvrage la plus sensible aux sollicitations sismiques:

La méthode SISMOA est conçue pour permettre le recensement et le traitement des données au niveau départemental.
Elle s'appuie sur une approche informatique et manuelle des données existantes (bases de données IQOA, LAGORA, ..., dossiers d'ouvrages), et de visites sur le terrain pour les ouvrages insuffisamment renseignés.

$$V_{global} = V_{général} \times \max\left(V_{voûte}\ ;\ V_{tablier}\ ;\ V_{culées}\ ;\ V_{piles}\ ;\ V_{fond}\right)$$

La routine SISMOA permet également de renvoyer des valeurs de vulnérabilité aux risques vibratoires (Vvib), de liquéfaction (V_{liq}), de glissement (V_{gli}), et de chute de blocs (V_{ch}), traduisant les vulnérabilités environnementales et vibratoires pour chaque chaque ouvrage.

La méthode SISMOA fournit un **classement des ouvrages** les uns par rapport aux autres en fonction de leur sensibilité aux séismes. Elle permet d'**identifier les parties sensibles** d'un ouvrage à ce risque (tablier, culée, appuis).

L'évaluation obtenue sous **SISMOA est une des bases de données de l'outil SISROUTE**, outil de cartographie automatique pour l'évaluation de la sensibilité d'un itinéraire aux séismes.

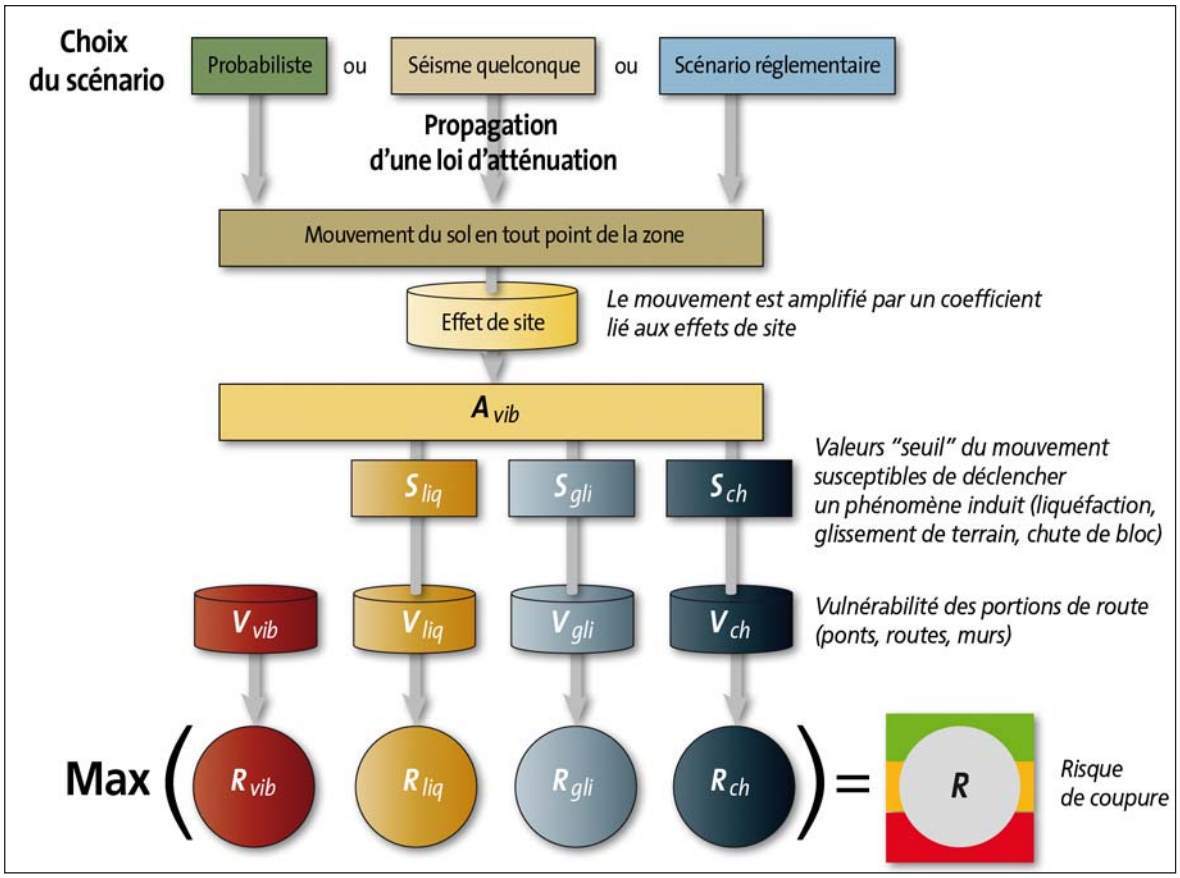
CETE Méditerranée

SISROUTE

Sétra service d'Études techniques des routes et autoroutes

SISROUTE est un outil de cartographie automatique des risques de coupures de route en cas de séisme, en cours de développement depuis 2005 (fin prévue en 2008) pour le ministère en charge des transports et de l'équipement.

Concept global de SISROUTE

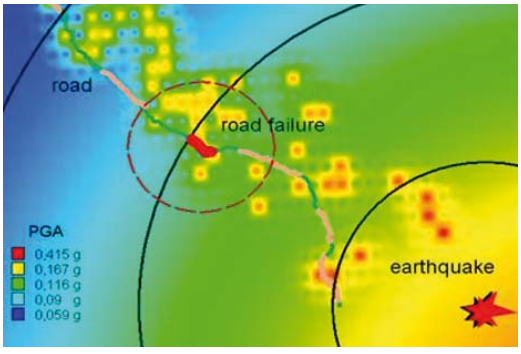


Quel que soit le scénario sismique choisi, la vibration du sol est évaluée en chaque point du territoire. Ensuite des études préliminaires permettent d'estimer les amplifications locales liées aux effets de site ainsi que les phénomènes induits (tels que liquéfaction des sols sableux, glissements de terrains, chutes de pierres). Puis, une estimation est faite sur la valeur "seuil" de la vibration pouvant déclencher les phénomènes induits.

Le phénomène sera d'autant plus probable que le mouvement du sol prévu approche de cette valeur seuil.

En complément à la méthode SISMOA utilisée pour l'évaluation de la vulnérabilité des ponts, la méthode SISMUR est développée pour les murs de soutènement. In fine il est prévu une évaluation globale du système routier.

Dès que le scénario sismique est choisi par l'opérateur, le système SISROUTE produit automatiquement une carte indiquant le **risque de coupure de route** (R) en combinant l'aléa à la vulnérabilité au droit de chaque portion de route.



Exemple de scénario

RETOUR AU SOMMAIRE

Identification et classification des failles actives

Plusieurs failles supposées actives sont identifiées au niveau de la région PACA [PS8]. Même si leur taux de déformation reste relativement faible (vitesse du mouvement le long de la faille inférieure au mm/an), occasionnellement, elles peuvent être source d'un séisme très violent [PS5], [PS7].
A partir d'une synthèse des données sismiques et géologiques, les failles a priori actives ont été classées en fonction : 1) de leur niveau d'activité présumé (élevé, moyen, faible, nul) ; 2) du degré de connaissances disponibles sur chacune d'elles (bon, moyen, médiocre).
Les résultats de l'étude apportent des éléments précieux pour les études d'évaluation de l'aléa sismique tant au niveau régional que local [AS2]. Il s'agit aussi d'un outil d'aide à la décision efficace pour favoriser la prise en compte des failles jugées "dangereuses" dans les projets d'aménagement et pour fixer les priorités dans le choix des investigations sur les failles.

L'étude a bénéficié d'un financement tripartite
Conseil Régional PACA, DIREN PACA, BRGM.

Réalisée par le BRGM, elle a été suivie par un comité scientifique constitué par des représentants de : Univ.Paris VI, IRSN, CEREGE, Géoscience Azur.

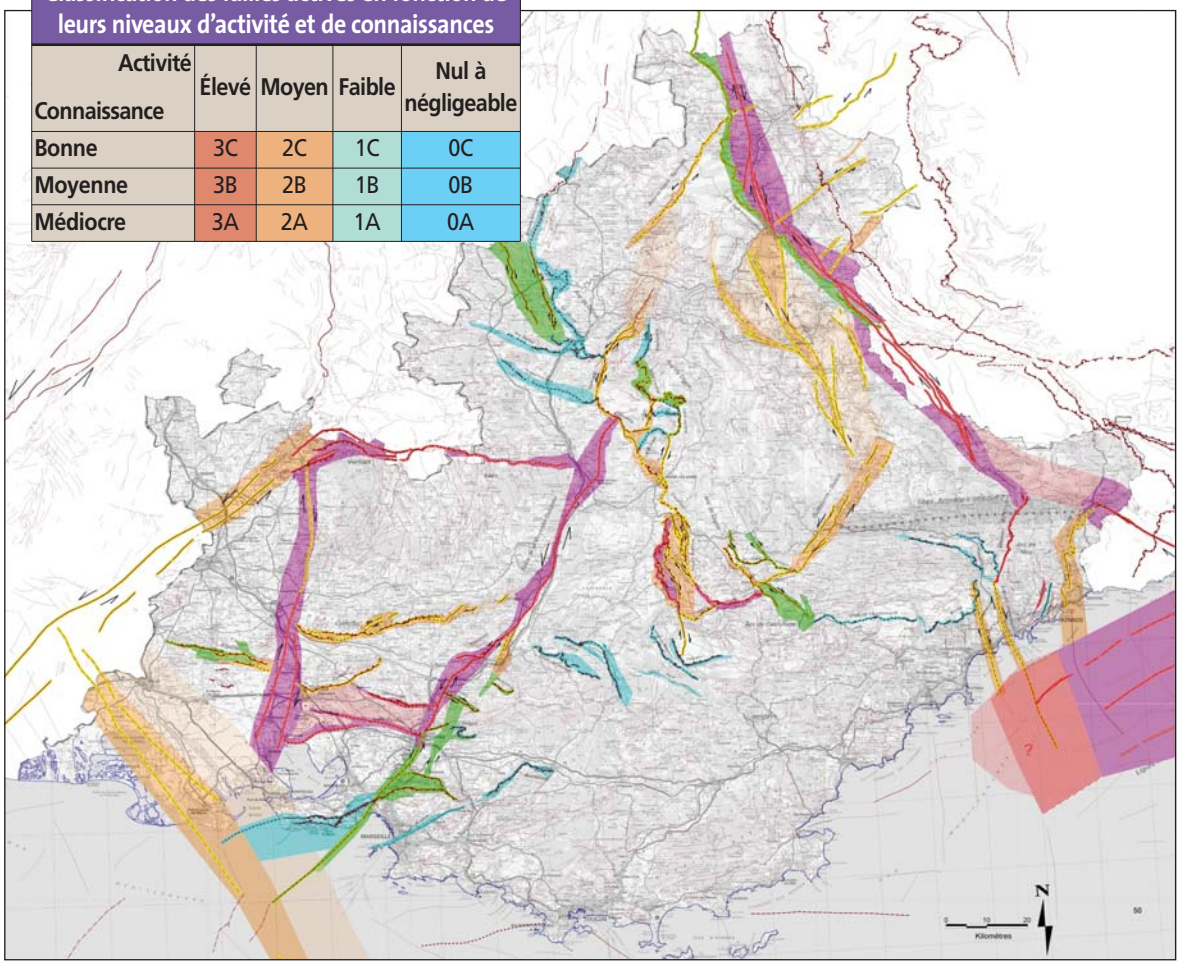
Direction Régionale de l'Environnement PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

Région Provence - Alpes - Côte d'Azur

brgm Géosciences pour une Terre durable

Classification des failles actives en fonction de leurs niveaux d'activité et de connaissances

Activité / Connaissance	Élevé	Moyen	Faible	Nul à négligeable
Bonne	3C	2C	1C	0C
Moyenne	3B	2B	1B	0B
Médiocre	3A	2A	1A	0A



Démarche suivie pour la classification des failles actives de la Région PACA

Carte des failles

tableaux de synthèse des connaissances des failles

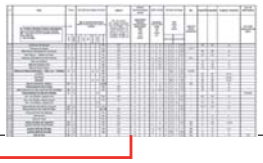


schéma géodynamique interprétatif

Choix des critères en fonction du degré de connaissance régionale ; plus les informations de base seront denses et précises, plus le nombre de critères retenus pourra être élevé.

géographiques :
géométrie, signature morphologique

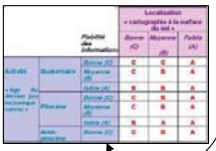
dynamiques :
tracé d'activité tectonique récente
activité sismique

Etape 1 : choix des critères de classification

Etape 3 : évaluation du niveau des connaissances de la faille

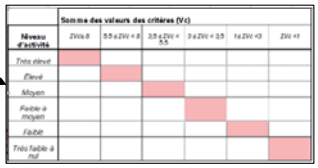
Etape 2 : évaluation du niveau d'activité

pondération des critères en fonction de leur nature et fiabilité (Vcr, valeur de critère)



niveau de connaissance de la faille = f(précision cartographique de la faille, âge des déformations tectoniques les plus récentes)

niveau d'activité = ?Vcr
6 premières classes d'activité sont distinguées



Etape 4 : Classification factuelle provisoire

		Niveau des connaissances		
		Bon (C.)	*Moyen (B)*	*Faible (A)*
Niveau d'activité	Très élevé (6)	Classe 6C	Classe 6B	Classe 6A
	Elevé (5)	Classe 5C	Classe 5B	Classe 5A
	Moyen (4)	Classe 4C	Classe 4B	Classe 4A
	Faible à moyen (3)	Classe 3C	Classe 3B	Classe 3A
	Faible (2)	Classe 2C	Classe 2B	Classe 2A
	Très faible à nul	Classe 1C	Classe 1B	Classe 1A

comparaison de la "classification factuelle" avec le schéma géodynamique régional

Etape 5 : Classification finale en 4 niveaux d'activité et 3 niveaux de connaissances

		Niveau des connaissances		
		Bon (C.)	*Moyen (B)*	*Faible (A)*
Niveau d'activité	Elevé	Faille **active**. **Bon** niveau de connaissance régionale	Faille **active** avec un niveau **moyen** de connaissance régional	Faille **active** avec un niveau de connaissance régionale **faible**
	Moyen	Faille **moyennement active**, **Bon** niveau de connaissance régionale	Faille **moyennement active**, Niveau de connaissance régionale **moyen**	Faille **moyennement active**, Niveau de connaissance régionale **faible**
	Faible	Faille **peu active**, **Bon** niveau de connaissance régionale	Faille **peu active**, Niveau de connaissance régionale **moyen**	Faille **peu active**, Niveau de connaissance régionale **faible**
	Très faible à nul	Faille a priori **inactive**, **Bon** niveau de connaissance régionale	Faille a priori **inactive**, Niveau de connaissance régionale **moyen**	Faille a priori **inactive**, Niveau de connaissance régionale **faible**

Géosciences pour une Terre durable
brgm

RETOUR AU SOMMAIRE

V Les grands tremblements de terre en région PACA : témoignages

TE.1 Tremblement de terre de Provence du 11 juin 1909

TE.2 Tremblements de terre de l'arrière-pays niçois : 1494, 1564, 1618, 1644

TE.3 Tremblements de terre aux environs de Manosque : 1509, 1708, 1812, 1913

TE.4 Tremblements de terre à Castellane : 1855, 1951

TE.5 Tremblement de terre "ligure" : 23 février 1887

TE.6 Tremblements de terre du Briançonnais et de l'Ubaye : 1884, 1904, 1935, 1959

TE.7 Tremblements de terre le long de l'arc de Digne : 1863, 1866, 1984

Résumé au verso ▸

RETOUR AU SOMMAIRE

V Les grands tremblements de terre en région PACA : témoignages

Le tremblement de terre de Provence du 11 juin 1909 a fait 46 morts, c'est le séisme le plus catastrophique qu'ait connu la France, depuis un siècle. L'épicentre du séisme est situé à 20 km au Nord de Marseille, entre Rognes, Lambesc et Saint Cannat. Son intensité a atteint VIII-IX sur l'échelle MSK.

L'arrière pays niçois a subi plusieurs tremblements de terre de forte intensité : séismes de juin 1494, juillet 1564, janvier 1618, février 1644, avec une intensité épicentrale VIII.

Plusieurs tremblements de terre ont eu lieu **aux environs de Manosque** en décembre 1509 (intensité de VIII à Manosque), en août 1708 (VIII entre Manosque et Pierrevert), en mars 1812 (VII-VIII à Beaumont-de-Pertuis) et en mai 1913 (VII-VIII à Volx).

Castellane et ses environs ont été ébranlés par deux secousses sismiques de forte intensité épicentrale en décembre 1855 (VIII à Chasteuil) et en novembre 1951 (VII-VIII).

Entre Nice et Gênes, la côte Ligure a subi plusieurs tremblements de terre en mai 1831 (VIII à Taggia-Italie), en décembre 1854 (VII-VIII à 20 km des côtes de Menton), en février 1887 (IX au large d'Imperia en Italie) et en octobre 1896 (VII, épicentre en mer).

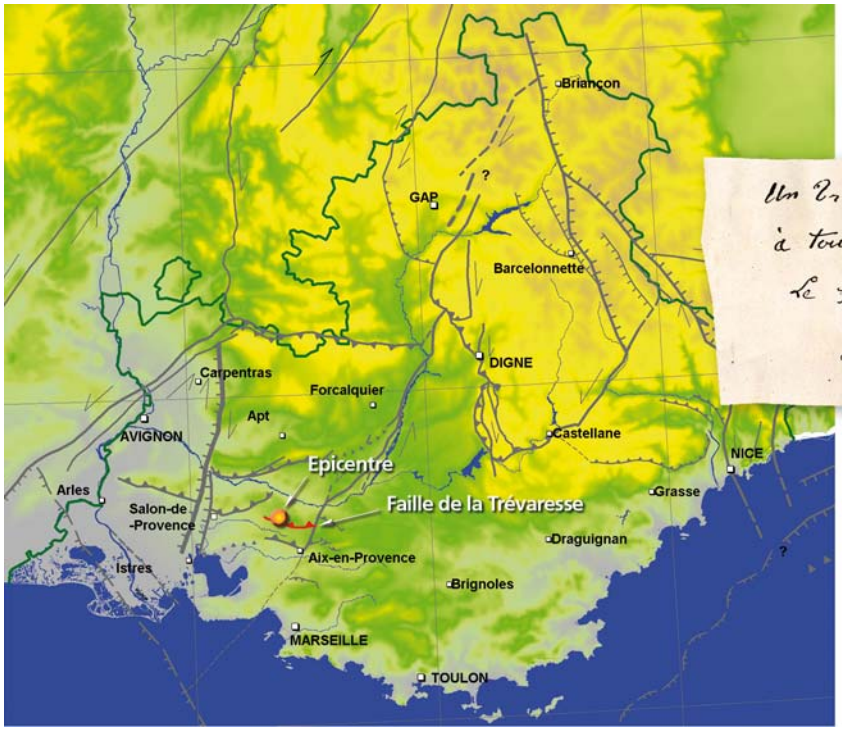
La zone Briançonnais - Ubaye a connu en moins d'un siècle, 4 séismes : en novembre 1884 (VII à Guillestre), en juillet 1904 (VII à Briançon), en mars 1935 (VII à Saint-Clément), en avril 1959 (VII-VIII à Saint-Paul-sur-Ubaye).

Le long de l'arc de Digne, parmi les principales secousses historiques, on cite les séismes de mai 1866 (VII-VIII à Laragne et de juin 1863 (VII à Moustiers-Sainte-Marie).

RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblement de terre de Provence du 11 juin 1909

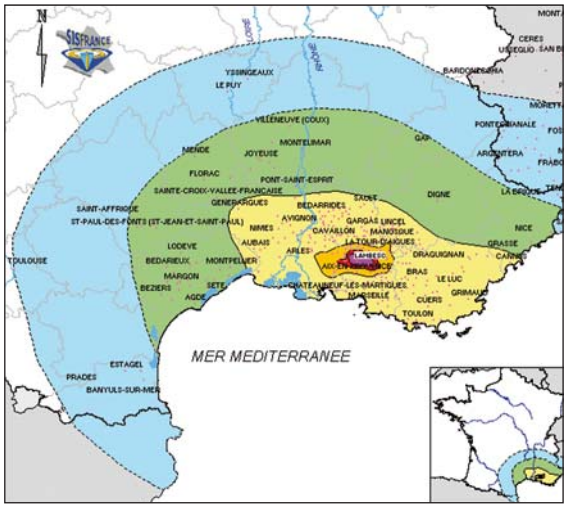
Le 11 juin 1909, à 21 h 14, eut lieu le séisme le plus catastrophique qu'ait connu la France durant le dernier siècle. L'épicentre du séisme est situé à une vingtaine de kilomètres au Nord de Marseille, entre Rognes, Lambesc et Saint-Cannat. Son intensité a atteint le niveau VIII-IX de l'échelle MSK. Il a causé la mort de 46 personnes. Les villages de Rognes, Saint-Cannat, Lambesc, Vernègues et Pélissanne ont été ravagés, et plusieurs quartiers de Salon-de-Provence effondrés.
La faille de la Trévaresse est à l'origine de la secousse. Sa rupture a été initiée à environ 6 km de profondeur sur le plan de faille et s'est probablement propagée jusqu'à la surface du sol. *[PS8], [PS9]*



Le Maire de Saint-Cannat écrivit au Sous-Préfet d'Aix-en-Provence dans la nuit du 11 au 12 juin 1909 :

Un tremblement de terre
à tout démoli
Le Pays crie secours
Le Maire
J. Martin

Carte des intensités ressenties du séisme de 1909 (*d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006*)



Degré d'intensité (échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2,5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3,5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4,5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5,5 : forte (majorité)
- 6 et 6,5 : dommages légers
- 7 et 7,5 : dommages prononcés
- 8 et 8,5 : dégâts massifs
- 9 et 9,5 : destructions nombreuses
- Localité associée au séisme

Les témoignages de l'époque furent nombreux...

Témoignage de M. Sorel, en villégiature à Salon-de-Provence (Extrait de Lambert et al., 1997).

"Neuf heures un quart venaient de sonner au lointain, sur la tour de la ville ; des bruits familiers retentissaient dans la maison, et, subitement, un vacarme de vaisselle qui tombe, un plancher qui fléchit, une suspension secouée qui se met à décrire un cercle fantastique, un grondement qui se prolonge, qui augmente, qui assourdit, des murs qui craquent, des meubles qui grincent, qui roulent sur le sol, enfin le fracas d'un bombardement, quelque chose comme un obus qui éclate. Une voix prononce à mes côtés ces mots : un tremblement de terre !."

"Au soir d'une journée de labeur, très vagues à l'horizon s'éteignaient les lueurs du jour, une brise tiède bruissait dans les arbres dont les branches avaient des gestes alanguis, la nature s'endormait. Tout à coup une secousse, telle de ces soubresauts qui, parfois, agitent notre premier sommeil, réveille la terre assoupie; un souffle de destruction passe dans un fracas épouvantable, des campagnes sont ravagées, des villages détruits, il y a des morts... Rognes, Saint-Cannat, Lambesc, Vernègues, Pélissanne, etc., tout ce que la Provence a de villages riants est anéanti, et avec eux Salon la ville élégante et jolie, s'effondre par quartiers entiers. Devant l'étendue d'un tel désastre, on reste confondu dans un sentiment d'immense tristesse, et cependant l'œil se détache avec peine des ruines amoncelées de ce qui, superbe autrefois, pour toujours disparaît."

Extrait de l'Album-souvenir, d'après BRGM, EDF, IRSN, Sisfrance.

Source : J-P. Gautier

Diplôme décerné à Maximin-Auguste Borel, citoyen de Lambesc pour ses actions suite au séisme de 1909.

Photos extraites de : "*Les tremblements de terre en France*", J. Lambert et al., ed. BRGM, 1997.

La simulation du séisme réalisée dans les années 80 indique :

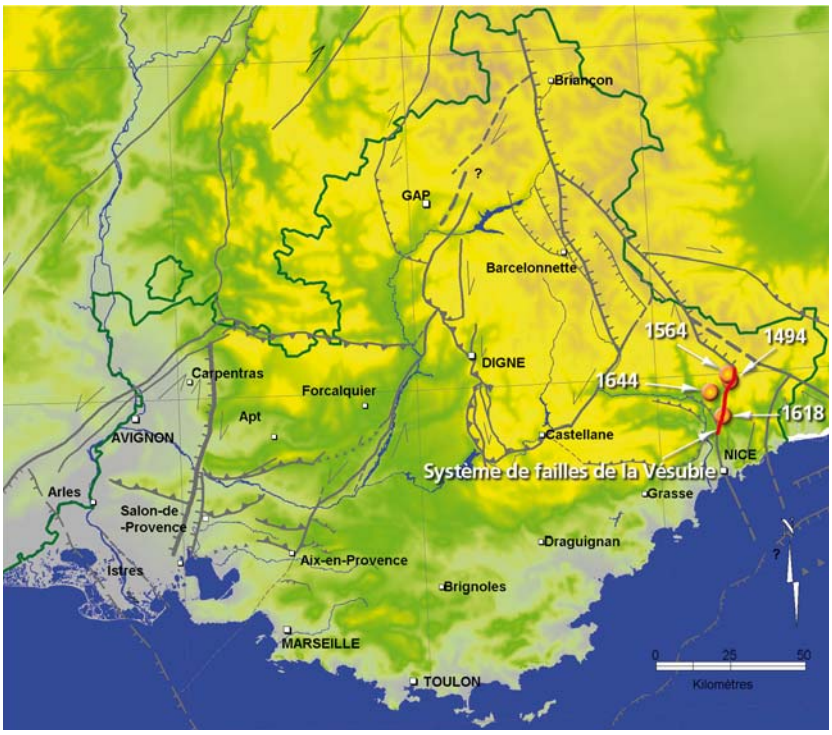
Séisme 1909	Simulation 1982
46 morts	400 à 970 morts
250 blessés	1 850 à 5 650 blessés

Une simulation de l'événement dans le contexte actuel est actuellement à l'étude. Elle tient compte de l'intensification des zones urbanisées, mais aussi des progrès en matière d'aménagement et constructions parasismiques. Une publication des résultats est prévue en 2007.

RETOUR AU SOMMAIRE

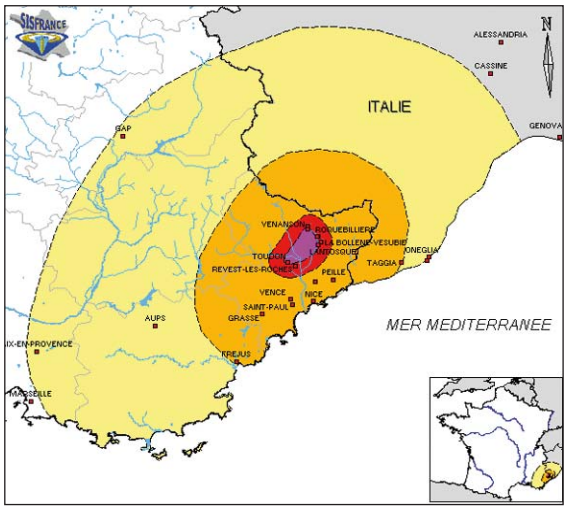
Tremblements de terre de l'arrière-pays niçois : 1494, 1564, 1618, 1644

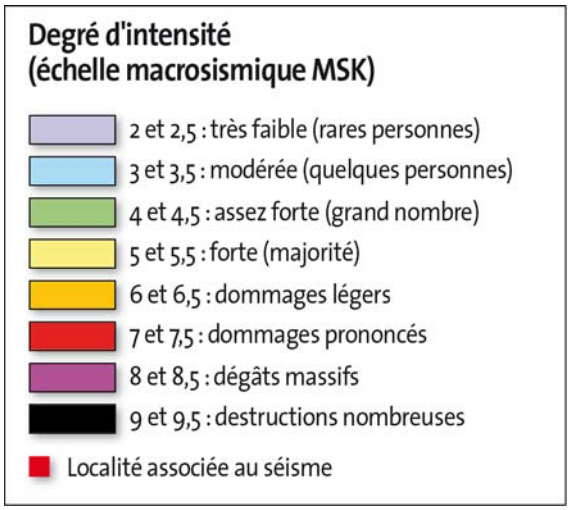
L'arrière pays niçois a subi plusieurs tremblements de terre de forte intensité : séismes du 23 juin 1494, 20 juillet 1564, 18 janvier 1618, 15 février 1644, avec une intensité épicentrale VIII. Il est possible que le système de failles de la Vésubie, d'orientation NNE-SSW et en gros parallèle à la vallée de la Vésubie soit à l'origine de cette forte sismicité [PS8]. Ce système de failles aurait un mouvement décrochant.



Ces séismes ont été perçus dans toute la région provençale.
Ainsi, la carte d'intensité ressentie lors du séisme de 1644 indique une intensité au moins égale à V entre Marseille, Gap et Gênes, l'épicentre de ce séisme étant localisé aux environs de Roquebillière.

Carte des intensités ressenties du séisme de 1644 (*d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006*)





Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Dans l'histoire de Nice, le plus vieux tremblement de terre relaté remonte au 23 juin 1494. Son intensité épicentrale de VIII fût suffisamment importante pour effrayer les habitants de Nice et des environs qui quittèrent la ville.

Vue d'un village typique de l'arrière pays niçois : Lantosque

Extrait de "Histoire de Nice depuis sa fondation jusqu'à l'année 1792", L. Durante, 1823, Turin

Le 23 juin 1494, la ville de Nice essuya un affreux tremblement de terre [illegible]. Les habitans désertèrent leurs foyers pour aller vivre en rase campagne ; plusieurs jours après il fallut un ordre des magistrats, pour engager le peuple à reprendre ses occupations ordinaires. Les mêmes secousses se firent sentir dans le Comté et particulièrement dans les vallées de Roccabigliera et de Lantosca. Les ondulations du terrein offrirent la direction du sud-est au nord-est.

Séisme du 20 juillet 1564, extrait de "Chronique d'un notaire du Broc (Alpes Maritimes) : François Arnulphy (1543-1572)", in S. De Galleani, Recherches Régionales, n°146, octobre-décembre 1998

"A 20 de juillet post ave grant vent et tremblament de la terre et environ la demye nuyt autre tremblament de terre que a myst par terre toutes les maysons de la Bolène et dez autres lieux en terre neufve et y sont mortz beaucop de gens".

Extrait de "Monographie chronologique de Roquebillière depuis sa fondation jusqu'en 1860", Musso A., 1907.

"L'ère de bonheur fut de courte durée, car il était dit que Roquebillière, périodiquement, devait subir désastres. Le 20 juillet 1564 alors que Jean Drago dit Sésac et Jean Fassi étaient syndics, un tremblement de terre, comme il ne s'en était jamais produit, ruina la commune. Roquebillière fut complètement détruite et sous ses ruines trois cents morts furent retirés. Il en fut de même de La Bollène et des communes environnantes. Les habitants, effrayés, dormaient dehors et l'on entendait venir du fond des cavernes de grands cris et des hurlements épouvantables. Personne n'était sûr ni au-dedans ni au dehors et les bêtes même étaient demeurées terrifiées et incapables d'aucun mouvement."

Extrait de "Notice sur le tremblement de terre du 29 décembre 1854, comparé à ceux des siècles précédents", O. Prost, 1855

1618. Les 14, 16 et 18 janvier, il y eut des secousses de tremblement de terre qui effrayèrent beaucoup la population, sans faire cependant aucun dommage à la ville de Nice. Celle du 18 eut lieu à 8 heures du matin; elle fut très forte, et occasionna beaucoup de malheurs dans la région de Lantosca et Roccabigliera. *Les mouvements du sol continuèrent jusqu'au 4 du mois de mai!!..* jour où se fit sentir la dernière secousse. Tout n'était pas fini cependant, car Nice en éprouva encore deux autres, les 25 et 27 novembre.

À propos du séisme de février 1644, Extrait de "l'Histoire chronologique de Provence", publié à Aix en 1664 :

"On écrivit qu'à Nice et à son comté ce trembleterre fut encore plus étrange et qu'il réïtéra ses efforts jusques à six fois : mais que la première dura l'espace d'un Miserere, ayant ruiné la moitié de quatorze villages, englouty beaucoup de personnes dans les ruines et renversé deux grands châteaux : qu'une montagne tombant avait couvert quatre cens ou tant de brebis qui paissaient à son pied : qu'à un village près de Nice, dit Châteauneuf, et aux environs, ce tremble-terre se fit ressentir durant plusieurs jours, que les habitans estoient sortis de leurs maisons, et avaient fait des huttes en campagne, et que parmi les ruines d'un de ces villages éboulez, l'on entendit la voix d'une personne criant sans cesse misericorde: mais comme on la voulait secourir, il fut impossible de la trouver, la voix sortant de beaucoup de parts, et ainsi elle y mourut sans estre secourue : et comme on la cherchait on trouva quantité de corps morts écrasez sous les ruines des maisons abbatues."

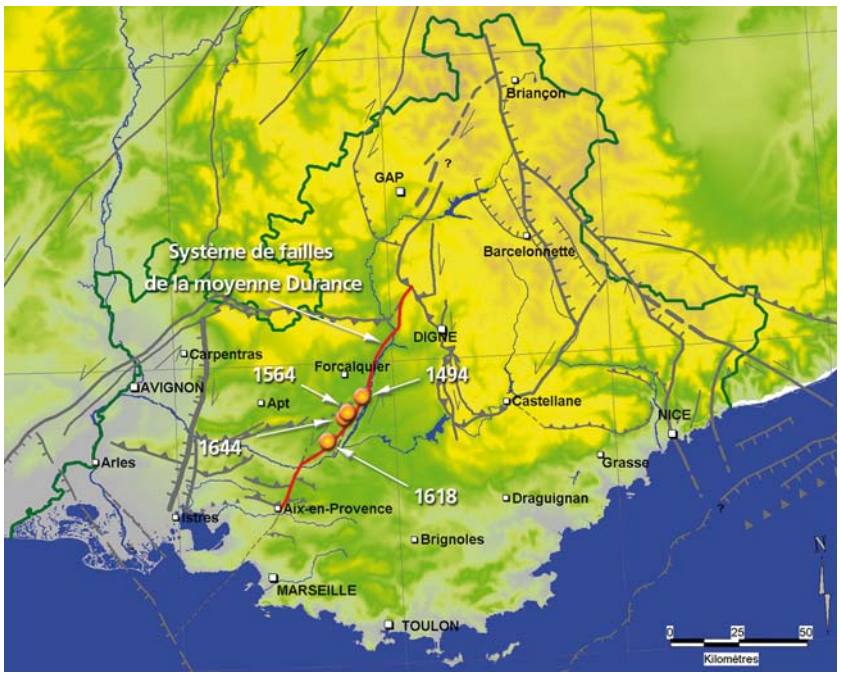
RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblements de terre aux environs de Manosque : 1509, 1708, 1812, 1913

Entre Volx et Beaumont-de-Pertuis, la vallée de la Durance a été le siège de plusieurs épicentres de séismes d'intensité épicentrale (Io) relativement élevée, séismes du :

- *13 décembre 1509, Io = VIII, épicentre à Manosque,*
- *14 août 1708, Io = VIII, épicentre entre Manosque et Pierrevert,*
- *20 mars, Io = VII-VIII, et du 26 mars 1812, intensité épicentrale VII, épicentre à Beaumont-de-Pertuis,*
- *14 mai 1913, Io = VII-VIII, épicentre à Volx.*

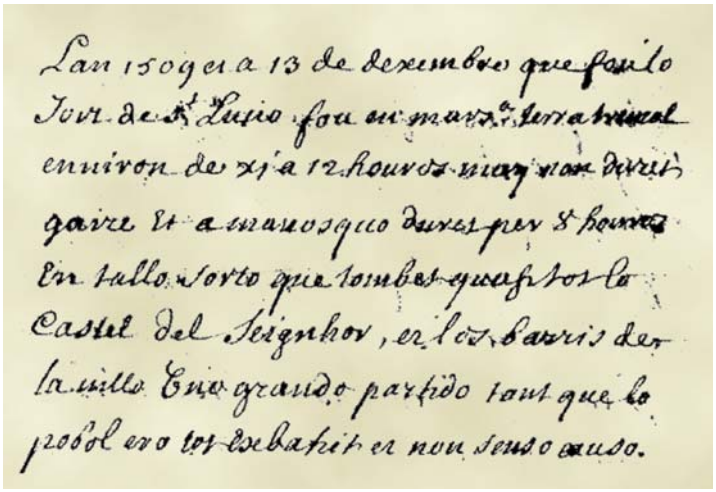
Ces secousses sismiques résultent de l'activité du système de failles de la Moyenne Durance [PS8], la composante principale du mouvement étant décrochante.
La profondeur focale de ces séismes est estimée à environ 5 km.



Le 13 décembre 1509, le tremblement de terre de Manosque fut ressenti jusqu'à Marseille. Le château de Manosque, ainsi qu'une partie des maisons et des remparts de la ville se sont écroulés.

Vue de la porte médiévale des remparts de Manosque

Extrait de "Histoire journalière" de Honoré de Valbelle (1535-1539)



L'an 1509 en a 13 de decembre que fonlo Jour de Ste Lucie fou un marts terratremal environ de xj a 12 hours mas non durit gaire et a manosque dures per 8 hours En tallo sorte que tombes quasi tos lo Castel del Seignhor, et los barris de la ville Eno grando partido tout que lo poubl ero tos esbahit et non sensso causo.

La Durance, près de Manosque

Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Séisme du 14 août 1708 :
Extrait de la Notice du Docteur Robert (juillet 1812), in Rothé, 1938, annales de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg

« il s'est étendu à quinze lieues de rayon. A Corbières, il a renversé une partie du château ; à Pierrevert, il a ébranlé le clocher, détruit une partie des chapelles de l'église neuve, quatre petites tours du château et cinq maisons. Toutes les autres ont eu des ouvertures considérables, il a fallu les soutenir avec des poutres, ce qui a rendu les rues impraticables. Les deux paroisses de Manosque ont eu leurs voûtes fendues, leurs murailles entr'ouvertes ; l'Hôtel-Dieu a été renversé et détruit, ainsi que le séminaire. Le château de la ville, bâti il y a 500 ans, a eu ses tours et ses murailles décapitées, ses couverts, qui n'étaient que des voûtes, ont été renversés, la grosse tour qui était au-dessus de la porte du Soubeiran a croulé. Les remparts, depuis cette porte jusqu'à celle d'Aubète, ont été ruinés. Les maisons ne paraissaient pas au dehors avoir beaucoup souffert, mais quand on les visite on les trouve presque toutes inhabitables. »

Séisme du 20 mars 1812 :
Extrait de Mesures barométriques suivies de quelques observations d'histoire naturelle ... et d'un précis de la météorologie d'Avignon, Guerin J., 1829

Ms, Arch. Nat. France, Statistique – *Vaucluse* -

Météorologie 1812
Dans la nuit du 19 au 20 mars, une secousse de tremblement de terre s'est fait sentir dans la partie méridionale du département de Vaucluse. Cette secousse a été plus violente à l'extrémité du département limitrophe de celui des Basses-Alpes que partout ailleurs.
Dans la commune de Beaumont, arrondissement d'Apt, des maisons et des écuries ont été renversées, d'autres ont été fortement endommagées. La corniche du clocher de la paroisse s'est écroulée. La voûte et la toiture de l'église ont été dégradées. Pendant les 36 heures qui ont suivi la première explosion, on a ressenti 13 secousses successives qui heureusement n'ont occasionné aucun nouveau désastre.
Le 26 et jour suivant, on a encore ressenti de légères secousses.

Le tremblement de terre du 14 mai 1913 est à la une du journal "Le Petit Marseillais" du 16 mai 1913 :

"[...]une forte secousse avait été ressentie dans la matinée de mercredi, à Volx et dans les communes environnantes, causant la plus grande frayeur parmi les habitants. Le phénomène s'est manifesté plus particulièrement dans le bas de l'arrondissement de Forcalquier, il a eu son centre à Volx. Quoique le tremblement fût très fort, l'importance des dégâts a été, en général, moins considérable que les nouvelles colportées dans les localités voisines. Il n'y a eu aucune maison, à proprement parler, qui se soit écroulée entièrement, mais on signale des éboulements de quelques pans de murs à des immeubles sis en haut du village; des corniches et des cheminées tombées, des toitures effondrées en partie."

JOURNAL DES BASSES-ALPES
18 Mai 1913

Tremblement de terre.

Mercredi, vers 7 heures du matin, une violente secousse de tremblement de terre a été ressentie dans la région qui s'étend entre Forcalquier, Oraison et Manosque.

Le phénomène s'est manifesté plus particulièrement dans le bas de l'arrondissement de Forcalquier ; il a eu son centre à Volx. L'importance des dégâts a été, en général, moins considérable que ce que l'on avait dit tout d'abord. Il n'y a eu aucune maison, à proprement parler, qui se soit écroulée entièrement ; mais on signale des éboulements de quelques pans de murs à des immeubles sis au haut du village, des corniches et des cheminées tombées, des toitures effondrées en partie. La mairie, nouvellement construite, a été fortement lézardée, ainsi que l'école de garçons. A l'église, de grosses crevasses se sont produites à la voûte et au mur, vers le bas de l'édifice.

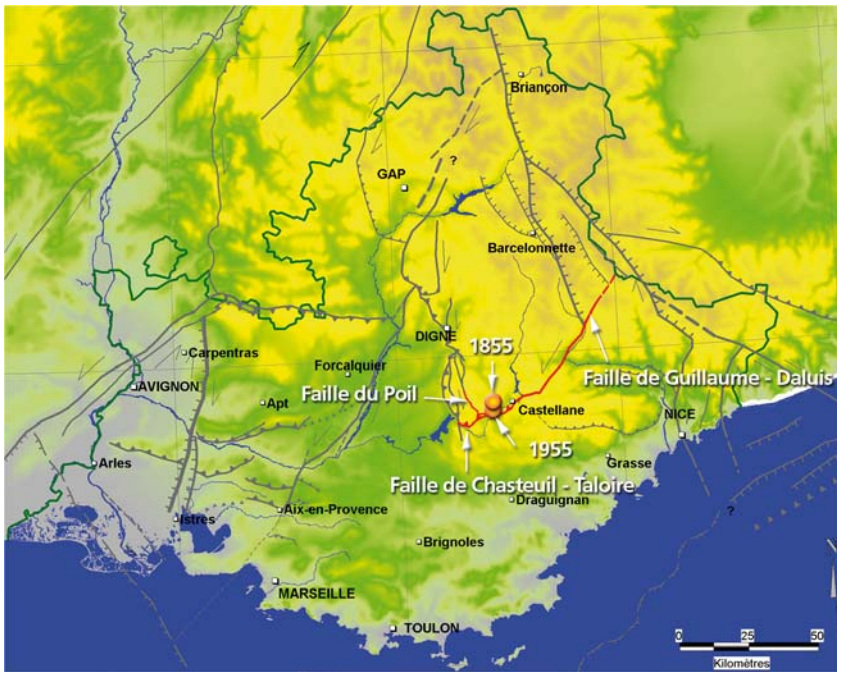
Il n'y a eu, heureusement, aucun accident de personnes à déplorer.

RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblements de terre à Castellane : 1855, 1951

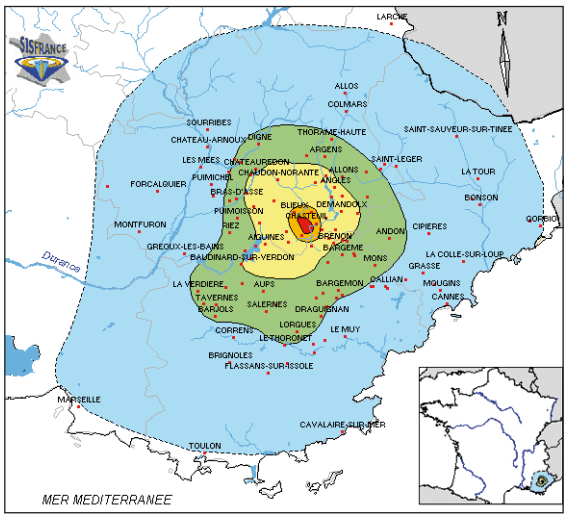
En l'espace de moins d'un siècle, Castellane et ses environs ont été ébranlés par deux secousses sismiques de forte intensité épicentrale (Io) :
- *Le 12 décembre 1855, vers 20 h 40, Io = VIII, épicentre proche de Chasteuil,*
- *Le 30 novembre 1951, peu après 6 h du matin, Io = VII-VIII, même épicentre.*

Le secteur de Castellane se trouve à l'interférence de plusieurs accidents probablement encore actifs aujourd'hui, faille inverse de Chasteuil-Taloire, et faille décrochante de Guillaume-Daluis, faille décrochante du Poil [PS8]. Il est fort probable que l'activité sismique de cette zone soit due à ce nœud tectonique régional.



Le 24 novembre 1994, une nouvelle secousse sismique a été enregistrée dans cette partie de la Provence. Sa magnitude a atteint 3,8 (échelle de Richter). Son intensité épicentrale a été estimée à IV. La profondeur focale est voisine de 5 km.

Séisme du 30 novembre 1951, carte des intensités ressenties
(*d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006*)



Degré d'intensité (échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2,5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3,5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4,5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5,5 : forte (majorité)
- 6 et 6,5 : dommages légers
- 7 et 7,5 : dommages prononcés
- 8 et 8,5 : dégâts massifs
- 9 et 9,5 : destructions nombreuses
- Localité associée au séisme

Vue des environs de Castellane

Le séisme de 1855 d'intensité épicentrale estimée à VIII fit de nombreux dégâts à Castellane et dans ses environs.

Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Extrait de "L'Ami de l'Ordre, journal des Basses-Alpes", édité le 20décembre 1855 :

Plusieurs secousses de tremblement de terre se sont fait ressentir depuis quelque temps sur divers points du département, et notamment dans l'arrondissement de Castellane.

Le 12 au soir, entre 8 et 9 heures, il s'en est produit une assez forte pour occasionner dans cette dernière ville des dégâts peu considérables, il est vrai, mais qui n'en ont pas moins jeté l'alarme dans la population. Quelques cheminées se sont écroulées, et plusieurs maisons ont eu leurs murailles lézardées.

Le dommage a été plus considérable à Chasteuil, où l'Eglise s'est presque entièrement écroulée ainsi que le presbytère et trois maisons. A Taloire, plusieurs maisons sont profondément lézardées; à Taulanne, les toitures sont presque toutes détruites.

La même secousse a été ressentie à Digne, mais sans y causer de dégâts.

Dans la nuit du 13 au 14, et dans la journée du 14, les secousses se sont répétées à Castellane, à trois reprises différentes, mais avec moins de violence que dans la soirée du 12.

La secousse du 12 décembre 1855 a été ressentie à plusieurs dizaines de kilomètres de distance de l'épicentre, ainsi à Draguignan (Extrait d'une lettre de M. Doublier in Annuaire de la Société Météorologique de France, Paris, 1856) :

"Je m'empresse de vous annoncer qu'hier au 12 du courant, à 8 heures 35 minutes du soir, nous avons ressentis une secousse de tremblement de terre[...]assez forte pour déplacer de 15 centimètres environ, et dans la direction du nord au sud, ou du nord-ouest au sud-est, des lits, des couchettes et des tables dont les pieds sont garnis de roulettes."

Perrey rapporte le témoignage d'un habitant de Castellane dans "Note sur les tremblements de terre ressentis en 1855 avec supplément pour les années antérieures (1848-1854)" in Bulletins de l'Académie Royale des sciences, des lettres et des beaux-arts de Belgique, Bruxelles, 1856) :

"Nous sommes ici sous l'influence d'une véritable panique. Les maisons de la ville se lézardent, et la mienne, entre autres, aux troisième étage, à une portion de mur qui ne tient plus. Aux environs de la ville [Castellane], à 10 kilomètres, on a découvert une large fissure qui laisse échapper des vapeurs sulfureuses, et le sol semble plus chaud qu'alentour. Je l'ai constaté moi-même, avec plusieurs autorités de la ville."

La voix de Provence (Digne), édition du 9 décembre 1951 :

Seisme. — Pour Castellane la secousse ressentie au matin du 30 novembre n'a pas été grave. Une légère émotion, mais on doit s'y habituer, notre charmante localité ayant le privilège depuis quelques temps d'en avoir de si vives !

Mais pour Taloire la pauvre petite paroisse a eu à souffrir beaucoup. L'église dont nous avions salué la restauration en août dernier(et dont le clocher reste d'ailleurs intact) est toute lézardé, le chœur et la sacristie ont particulièrement souffert. On se demande si l'on pourra réparer l'ensemble ou ne conserver qu'une partie ! Le village n'a que légèrement été touché. Un détail a frappé beaucoup les habitants, l'eau de la fontaine toujours claire, même par grande pluie, a été trouble durant trois heures.

Chasteuil est encore plus malheureux car outre l'église — cette église toute remise à neuf il y a 10 ans et qui a été sérieusement ébranlée au chœur et à la sacristie — toutes les maisons situées au sud de l'église sont démolies. Il est remerquable que les habitants aient eu le temps de sortir alors que la secousse a été de quelques secondes ! Tous ont été repliés au nord du village à l'ancien château, à l'école, la mairie.

L'amour de la terre, l'amour du pays est tel que nul n'a laissé échapper de plaintes mais tous ont parlé d'arranger, réparer, s'organiser en attendant.

Nous espérons que rien ne sera négligé pour aider toutes les personnes frappées par cette grande épreuve.

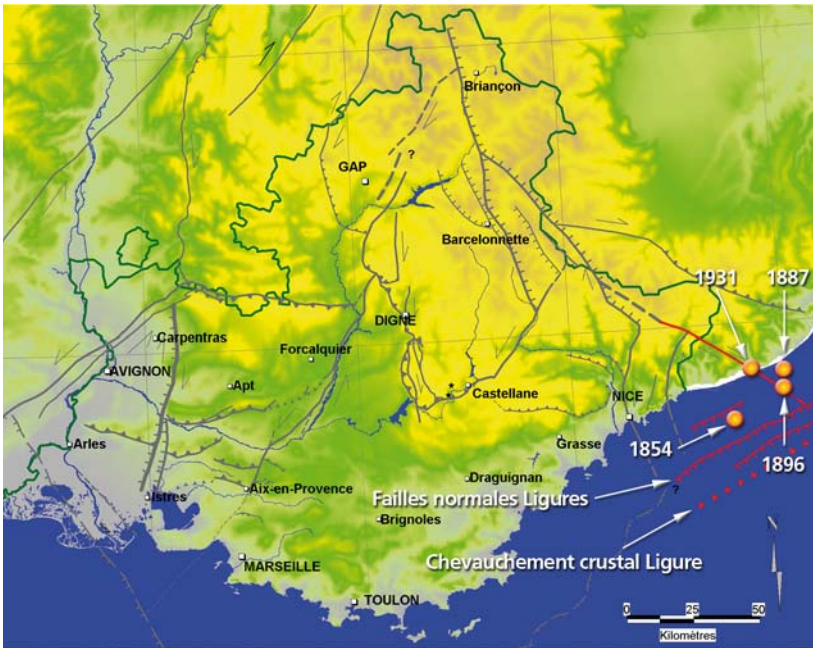
RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblement de terre "Ligure" : 23 février 1887

Entre Nice et Gênes, la côte Ligure a subi plusieurs tremblements de terre de forte intensité durant les derniers siècles, séismes du :

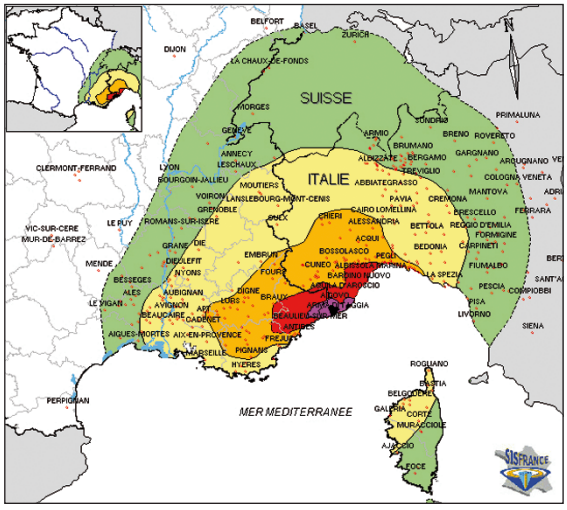
- *26 mai 1831, Io = VIII, épicentre à Taggia (Italie),*
- *29 décembre 1854, Io = VII-VIII, épicentre à une vingtaine de kilomètres des côtes de Menton,*
- *23 février 1887, Io = IX, épicentre au large d'Imperia (Italie) suivi par une réplique le 11 mars, Io = VII ;*
- *16 octobre 1896, Io = VII, épicentre en mer.*

C'est probablement le jeu en décrochement de la faille de Saorge-Taggia, ou d'une des failles du système Ligure (failles normales ou chevauchement profond [PS8]), à moins que ce ne soit l'interférence entre ces systèmes de failles actives, qui est à l'origine de ces secousses sismiques.



Le séisme de 1887 est un des plus forts séismes connus en France. Le tremblement de terre fut ressenti sur une très grande étendue englobant le nord de l'Italie, le sud et le centre de la France (Perpignan, Le Puy et Roanne), l'ensemble de la Suisse (Genève, Bâle, Saint-Gall), l'extrémité méridionale de l'Autriche, la Corse et la Sardaigne septentrionale.

Séisme du 23 février 1887, carte des intensités ressenties (*d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006*)



Degré d'intensité (échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2,5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3,5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4,5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5,5 : forte (majorité)
- 6 et 6,5 : dommages légers
- 7 et 7,5 : dommages prononcés
- 8 et 8,5 : dégâts massifs
- 9 et 9,5 : destructions nombreuses
- Localité associée au séisme

Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Au petit matin, alors que "beaucoup finissent une folle nuit de Carnaval et que d'autres, dévôts matinaux, sont à la messe des Cendres", survient peu avant 6 heures la première des trois violentes commotions terrestres qui sèmeront panique et désolation dans toute la Ligurie et le Pays niçois.

Plus de 600 morts sont comptés dans la Riviera italienne, une dizaine du côté français.

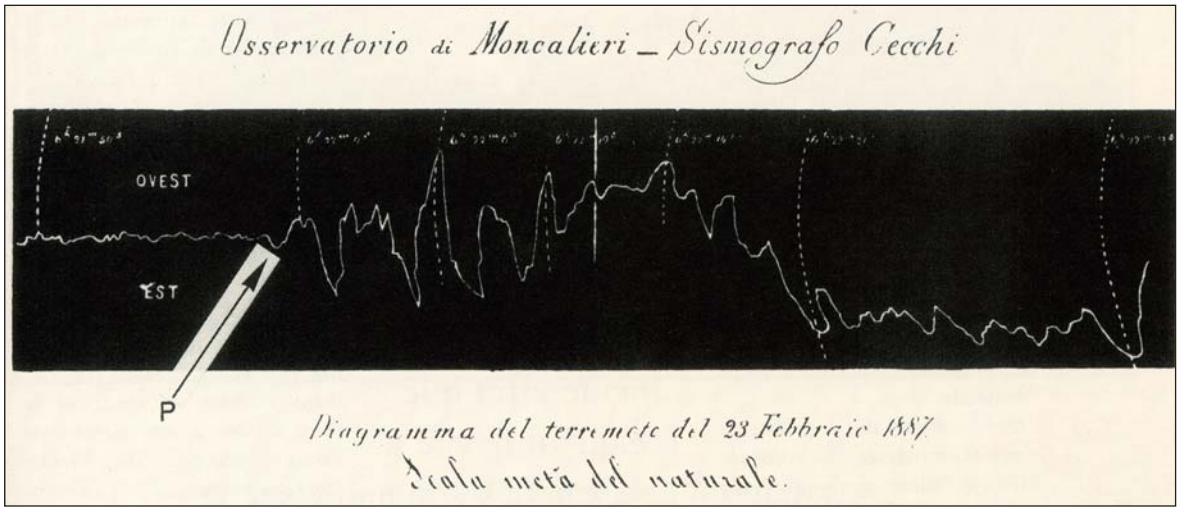
Sur la Côte d'Azur, la ville la plus touchée est Menton où de nombreux témoignages sont recueillis. Dans l'arrière-pays plusieurs villages sont sérieusement accidentés : la Bollène, Belvédère, Bouyon, Clans et Castillon.

Campement improvisé dans les rues de Menton (d'après J.-L. Caserio et C. Martin, Bulletin de la Société d'Art et d'Histoire du Mentonnais, 1987).

Source : "Les tremblements de terre en France", J. Lambert, ed. BRGM, 1997.

Le baron de Villebois Mareuil venu se reposer dans le midi, raconte :

"Il était 6 heures. Le jour commençait à poindre, lorsqu'un bruit ressemblant à un train infernal roulant sous l'hôtel, me réveilla en sursaut [...]; mes meubles heurtaient la muraille, la vaisselle de toilette se brisait, les plâtres tombaient du plafond, les murs se sillonnaient de lézardes [...] durant les 18 à 20 secondes que dura la terrible secousse."



Constituée de deux oscillations très rapprochées de très forte amplitude, la première secousse à 5 h 50 atteint une durée de 30 secondes. Bien que la plus dévastatrice, les dégâts sont encore accentués par un deuxième choc 10 minutes plus tard et enfin par un troisième vers 8 h 30.

Vue du village de Castillon après le passage du séisme *(d'après J.-L. Caserio et C. Martin, Bulletin de la Société d'Art et d'Histoire du Mentonnais, 1987).*

Source : "Les tremblements de terre en France", J. Lambert, ed. BRGM, 1997.

Le village de Castillon dut être reconstruit sur un autre emplacement tant les destructions furent sévères.

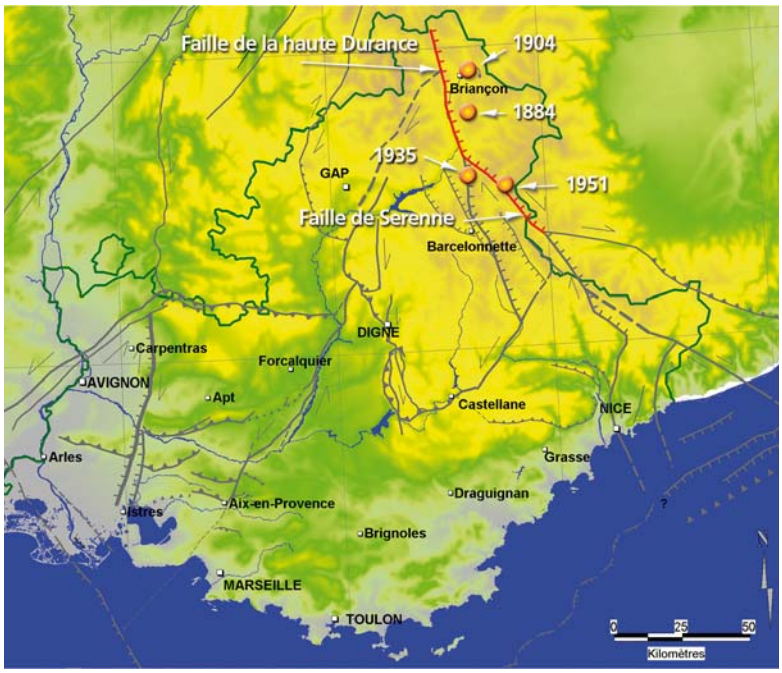
RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblements de terre du Briançonnais et de l'Ubaye : 1884, 1904, 1935, 1959

La zone Briançonnais – Ubaye correspond à une zone sismique relativement élevée en fréquence et intensité des secousses par rapport aux autres secteurs de la région. Ainsi, en moins d'un siècle, 4 séismes d'intensité épicentrale (Io) VII à VII-VIII y ont été ressentis :

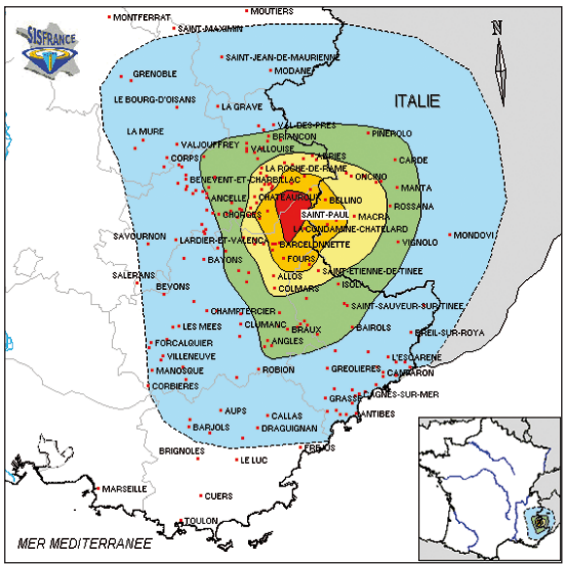
- *27 novembre 1884, épicentre à Guillestre, Io = VII,*
- *12 juillet 1904, épicentre à Briançon, Io = VII,*
- *19 mars 1935, épicentre à Saint-Clément, Io = VII,*
- *5 avril 1959, épicentre à Saint-Paul-sur-Ubaye, Io = VII-VIII.*

C'est probablement le mouvement composite normal-décrochant des systèmes de failles de Serenne et de la Haute Durance [PS8] qui est à l'origine de cette forte activité sismique.



Ces dernières années, la Haute vallée de l'Ubaye a été le siège d'une crise sismique relativement intense. En effet, entre janvier 2003 et novembre 2004, plus de 15 000 séismes de magnitude inférieure ou égale à 3.0 y ont été enregistrés.

Séisme du 5 avril 1959, 10h48 : carte des intensités ressenties *(d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006)*



Degré d'intensité (échelle macrosismique MSK)

- 2 et 2,5 : très faible (rares personnes)
- 3 et 3,5 : modérée (quelques personnes)
- 4 et 4,5 : assez forte (grand nombre)
- 5 et 5,5 : forte (majorité)
- 6 et 6,5 : dommages légers
- 7 et 7,5 : dommages prononcés
- 8 et 8,5 : dégâts massifs
- 9 et 9,5 : destructions nombreuses
- Localité associée au séisme

Le séisme de 1959 a été perçu à plusieurs dizaines de kilomètres de l'épicentre, jusqu'aux villes de Grenoble, Forcalquier, Draguignan, mais aussi de Mondovi en Italie.

Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Vue sur les reliefs de la Haute vallée de l'Ubaye

Extrait de La Croix des Hautes-Alpes, édition du 17 juillet 1904

Tremblement de terre dans les Hautes-Alpes. Le 12 Juillet.

A Briançon.- Une secousse sismique très violente a été ressentie hier matin vers 6 h. moins 10; elle a duré 5 secondes environ

Elle était accompagnée d'un grondement sourd semblable à celui que fait le chemin de fer quand il passe sur un pont métallique. Les dégâts doivent être considérables dans la région, car à Briançon et à Sainte-Catherine, de nombreuses maisons ont été lézardées, des cheminées ont été emportées et des plafonds se sont écroulés.

Les anciennes casernes de Sainte-Catherine et des habitations nouvellement construites ont surtout été vivement éprouvées. Sur les remparts, on remarque une fissure profonde.

A Vals-des-Prés.- Le clocher s'est écroulé sur une longueur d'environ deux mètres, et une femme qui se trouvait dans la rue a eu le bras cassé par la chute d'une cheminée.

A La Vachette.- Le clocher a été très endommagé.

Dans toute la région, des cheminées se sont écroulées et de nombreuses maisons, surtout celles isolées, sont lézardées.

Dans le *Champsaur*, vers 5 h.40 du matin, la vallée a été secouée par un tremblement de terre, des oscillations, qui ont duré quelques secondes seulement, suivaient la direction du nord-est au midi et produisaient, à s'y méprendre, l'effet d'un charrette traînée violemment au-dessus des habitations.

A Gap, vers 6 h., une légère secousse de tremblement de terre a été ressentie. Le phénomène, qui a surpris plutôt qu'effrayé les habitants de notre ville, n'a duré que quelques secondes

Séisme du 27 novembre 1884, dans l'édition du 30 novembre de "La Durance", on pouvait lire :

"Dans la nuit du 27 au 28 courant trois tremblements de terre ont été ressentis dans la ville (Briançon) et les environs. Mais la plus forte secousse a eu lieu à 10 h 57 minutes (du soir) et a mis en émoi la majeure partie de la population. Aucun dégât matériel à signaler dans la ville après ce terrible tremblement ; mais à Sainte-Catherine, on a pu constater que la nouvelle caserne d'artillerie ainsi que deux maisons [...] sont entièrement lézardées."

Extrait des Annales de l'Institut de Physique du Globe, section Géophysique, T.8, Strasbourg, 1967

116. - 5 avril 1959 à 10 h. 48 mn. - Ubaye (Basses-Alpes) : 44°32' N, 6°47' E.

Très important séisme, le plus violent ressenti en France depuis la catastrophe de Provence du 11 juin 1909. La secousse a entraîné des dégâts notables, chiffrés à 200 millions de francs 1959 ; deux enfants ont été blessés par des chutes de pierres.

De nombreux articles ont été publiés, en particulier dans le "Méridional" et le "Provençal", reproduisant des photographies des dégâts (murs effondrés, chutes de cheminées, lézardes, chapelles endommagées, voiture défoncée, chutes de rochers, routes obstruées, etc.) et relatant la visite détaillée que le Préfet des Basses-Alpes a rendu à la vallée sinistrée.

Le séisme du 5 avril et les nombreuses répliques qui ont suivi ont provoqué une grande émotion dans la haute vallée de l'Ubaye. M. Paul Reynaud, ancien Président du Conseil et ancien conseiller général du canton de St-Paul, adressa par télégramme au Ministère de l'Intérieur une demande de subvention ; le gouvernement mit un crédit de 15 millions de francs à la disposition du Préfet pour indemniser les habitants victimes du séisme.

Une enquête détaillée a été faite par le Bureau central séismologique français ; sur un millier de questionnaires, 759 réponses ont été reçues, dont 187 seulement positives (figure 30). Des renseignements précis

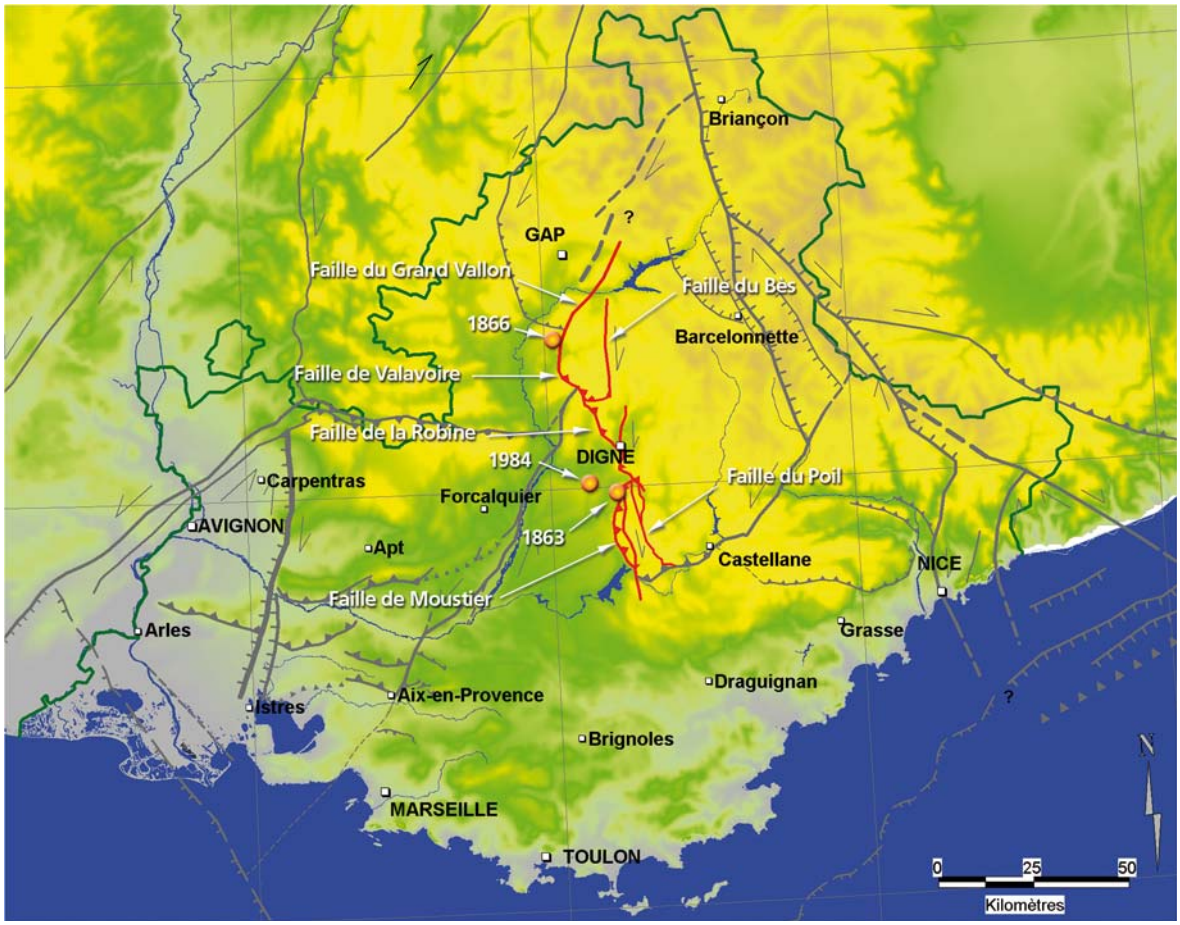
RETOUR AU SOMMAIRE

Tremblements de terre le long de l'arc de Digne : 1863, 1866, 1984

L'arc de Digne correspond à un alignement de chaînons marquant le front occidental de terrains chevauchants vers le Sud-Ouest des formations plus récentes. Les failles de Valavoire, de la Robine et de Moustiers constituent les principales failles de ce front chevauchant [PS8]. Elles interfèrent avec d'autres accidents actifs orientés Nord-Sud et à jeu décrochant (failles de Grand Vallon, du Bès, du Poil notamment). C'est le mouvement de ces accidents au front des terrains chevauchants qui est à l'origine des séismes de ce secteur provençal.

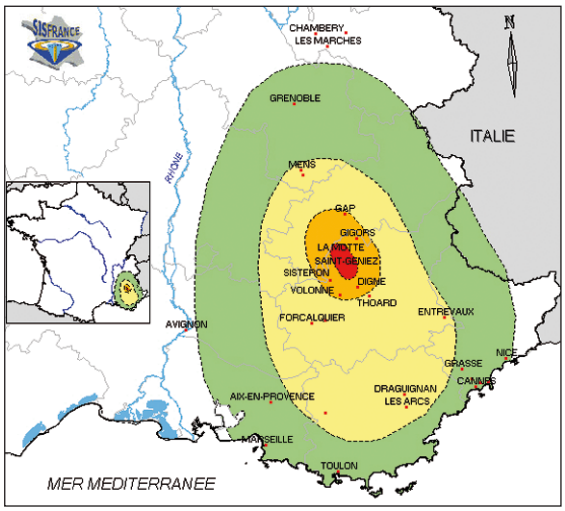
Parmi les principales secousses historiques, on cite les séismes du :

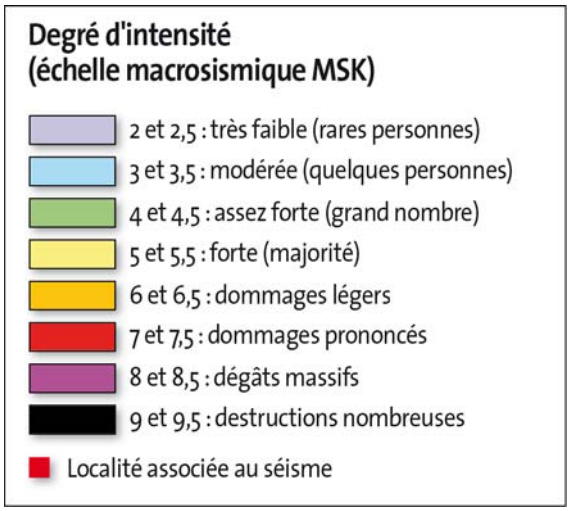
- *19 mai 1866, peu après 9 h, Io = VII-VIII, épicentre à Laragne,*
- *9 juin 1863, vers 22 h, Io = VII, épicentre à Moustiers-Sainte-Marie.*



Le 19 juin 1984, à 11 h 40, un séisme localisé environ 10 km au sud-ouest de Digne a été enregistré. Avec une magnitude de 4,1, l'intensité épicentrale est évaluée à VI. Sa profondeur est estimée proche de 5 km. Une réplique de magnitude 3,8 a été enregistrée le 30 juin 1984. Cette sismicité démontre une nouvelle fois l'avancée vers le Sud-Ouest du front chevauchant.

Séisme du 19 mai 1866 : carte des intensités ressenties *(d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006)*





Extrait de "L'Ami de l'Ordre", Journal des Basses-Alpes, édition du 11 juin 1863

Hier au soir, vers les dix heures, nous avons ressenti une violente secousse de tremblement de terre. L'église, le presbytère et plusieurs habitations ont beaucoup souffert. Presque tous les habitants ont passé la nuit dehors. Beaucoup de toitures ont été démolies, des murs se sont écroulés, des blocs énormes de rochers ont roulé dans les champs.

» La population entière est dans la consternation ; on craint pour la solidité des habitations. Le cimetière a aussi souffert.

» A Mezel, le tremblement de terre a causé quelques dégâts, mais ils sont insignifiants. »

Vue sur les reliefs autours de Digne

Extrait de "L'Ami de l'Ordre", édition du 24 mai 1866

— L'émotion causée à Digne et dans plusieurs communes du département, par suite de secousses de tremblement de terre, samedi, 19 de ce mois, à neuf heures quelques minutes du matin, n'a été que passagère. Les oscillations se dirigeant de l'est à l'ouest se sont prolongées quelques secondes seulement.

Il y a eu quelques communes qui ont été rudement éprouvées. A Thoard, les voûtes de l'église paroissiale ont été ébranlées ; on évalue le dommage à 500 fr. Mais c'est surtout dans l'arrondissement de Sisteron que les pertes ont été considérables :

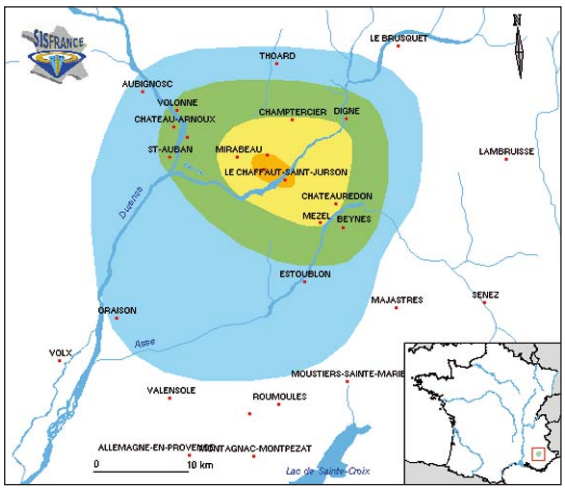
A Saint-Geniez, elles s'élèvent au moins à 15,000 fr. Les édifices publics tels que l'église et le presbytère ont été gravement détériorés ; plusieurs maisons ont été ébranlées. Une a été presque entièrement renversée.

A Volonne, la toiture de l'église a été endommagée.

Les communes de La Motte et de Gigors ont eu également à souffrir. L'église et le presbytère de cette dernière localité ont été atteints et fortement lézardés. Heureusement, il n'y a eu aucun accident à déplorer.

Textes et illustrations extraits de BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006.

Séisme du 19 juin 1984 : carte des intensités ressenties *(d'après BRGM, EDF, IRSN, SisFrance, 2006)*



RETOUR AU SOMMAIRE

VI Annexes

A.1 Pour aller plus loin...

A.2 Glossaire

RETOUR AU SOMMAIRE

Pour aller plus loin

Les professionnels travaillant dans le risque sismique en région PACA :

Services déconcentrés de l'État :

- **DRE** (Direction Régionale de l'Équipement) et **DDE** (Direction Départementale de l'Équipement) : jouent un rôle important en matière d'information et de prise en compte des risques dans l'aménagement du territoire notamment à travers les PPR. Elles s'occupent également activement du suivi de la réglementation dans le bâtiment.
- **DIREN** (Direction Régionale de l'Environnement) : service du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, elle joue un rôle central dans la prévention des risques naturels (inventaires départementaux des risques, formation d'architectes sur le risque sismique en 2002) et la programmation des opérations de prévention et de réduction de la vulnérabilité.
- **DRIRE** (Direction Régionale de l'Industrie, de le Recherche et de l'Environnement) : elle mène une action visant à la prise en compte du risque sismique par les sites industriels.
- **Préfecture** : représentant de l'Etat, le préfet évalue en permanence l'état de préparation aux risques, coordonne les actions de prévention et d'information préventive des populations. Dés que l'ampleur d'une crise le justifie, il prend la direction des secours et met éventuellement en œuvre le plan ORSEC.
- **CETE Méditerranée** (Centre d'Études Techniques de l'Équipement) : service déconcentré et bureau public d'études et d'ingénierie du réseau scientifique et technique du Ministère en charge de l'Équipement. Il mène notamment des actions de recherche, d'expertise, de conseil et de formation dans le domaine de la connaissance et la prévention du risque sismique.

Collectivités territoriales :

- **Conseil Régional** : l'intégration des risques naturels dans l'aménagement du territoire est une des préoccupations majeures du Conseil Régional. La région accompagne les communes ou groupements de communes : actions d'information, de prévention et de protection (service des risques naturels majeurs).
- **Conseils Généraux** : ils participent aux actions de prévention et en situation de crise concourent, par leur soutien aux communes, à l'effort de solidarité pour faciliter le retour à la normale.
- **Communes :** les maires sont en prise directe avec la population, chargés de l'informer sur les risques, tant en terme de prévention que de gestion de crise. Ils disposent de leur plan communal de sauvegarde.

Établissement public :

- **BRGM (Bureau des Recherches Géologiques et Minières)** : les activités du BRGM en matière de risques naturels couvrent le risque sismique, les mouvements de terrain, les phénomènes de retrait-gonflement des argiles, les effondrements de cavités souterraines, le risque volcanique. Elles portent sur la connaissance des phénomènes et leur modélisation, la surveillance, l'étude de la vulnérabilité des sites exposés, l'évaluation du risque et sa prévention, la préparation aux crises, les actions d'information et de formation.

Les formations universitaires prenant en compte le risque sismique :

- **École d'Architecture de Marseille Luminy** : cycle spécialisé sur la construction parasismique.
- **Institut Supérieur du Béton Armé** (ISBA, Marseille).
- **CEREGE** : Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement. Sous la triple tutelle de l'Université Paul Cézanne, de l'Université de Provence et du CNRS (Département SDU - INSU), le Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement, placé sous la triple tutelle de l'Université Paul Cézanne,de l'Université de Provence et du CNRS (Département SDU - INSU) est composée de chercheurs, enseignants-chercheurs, ingénieurs, techniciens et administratifs de l'université, du CNRS et de l'IRD.
- **Géosciences Azur** : laboratoire de recherche dépendant de 4 institutions différentes : le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD), l'Université de Nice-Sophia Antipolis (UNSA) et l'Université de Pierre et Marie Curie (UPMC). Regroupe des chercheurs, étudiants et doctorants spécialistes des sciences de la Terre.

Quelques sites internet sur le risque sismique :

Documents pédagogiques

Ecole et Observatoire des sciences de la Terre : *http://eost.u-strasbg.fr*

Institut de Physique du Globe : *http://www.ipgp.jussieu.fr*

Assemblée Nationale : *http://www.assemblee-nationale.fr*

Sismicité historique et failles actives en région PACA

Sisfrance : *http://www.sisfrance.net/*

Azurséisme : *http://www.azurseisme.com/*

Neopal (Néotectonique et paléosismicité) : *http://www.neopal.net/*

Réseaux de surveillance en région PACA

Réseau sismologique des Alpes : *http://sismalp.obs.ujf-grenoble.fr/*

Réseau Nationale de Surveillance Sismique : *http://renass.u-strasbg.fr/*

Sismo des écoles : *http://www.ac-nice.fr/svt/aster/menu.htm*

Bureau central sismologique français (BCSF) : *http://www.seisme.prd.fr/*

Prévention

Site du ministère de l'Environnement et du Développement Durable sur les risques majeurs : *http://www.prim.net*

Site du ministère en charge de l'Equipement : *http://www.equipement.gouv.fr*

Association française du génie parasismique : *http://www.afps-seisme.org*

Mise à disposition par le Gouvernement des principales normes juridiques et données de la jurisprudence françaises : *http://www.legifrance.gouv.fr/*

Site dédié à l'appui des communes pour la prévention des risques : *http://www.securite-commune-info.fr/index.php*

Ouvrages techniques :

- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DPPR/BICI, 1989, *Procerisq, procédures et règlementations applicables aux risques technologiques et naturels majeurs*.
- Ministère de l'Aménagement du territoire et de l'Environnement, DPPR/SDPRM/ CARIAM, 2001, *Recueil des textes fondateurs, textes relatifs à la prévention des risques naturels majeurs*, Cellule d'information documentaire sur les risques majeurs, 154 pages.
- Mission inter-service des Risques naturels de l'Isère (Mirnat), 2001, *Mémento du maire et des élus locaux, prévention des risques d'origine naturelle et technologique*, Institut des risques majeurs (IRMA).
- Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du territoire, direction de la Sécurité civile, 1994, *Organisation-prévention et planification, Services de secours, volume 1 et 2*, Journal officiel de la République française, 934 pages.
- *Guide méthodologique relatif aux Plans de Prévention des Risques naturels (PPR) – Risques sismiques - 2002*- Ed. La Documentation française.
- *Guide de la conception parasismique des bâtiments*, Association Française de Génie Parasismique, Ouvrage collectif, Paris, Ed. Eyrolles, 2004.
- Victor Davidovici, 1999, *La construction en zone sismique*, Moniteur Références techniques, 330 pages.
- Ministère de l'Écologie et du Développement durable, juin 2004, *Les séismes - dossier d'information.*
- BRGM-EDF-IPSN, 1996, *Mille ans de séismes en France – Catalogue d'épicentres*, Ouest Editions, 75 pages.
- Jérôme Lambert, *Les Tremblements de terre en France*, 1997, Ed. BRGM, 196 pages. (épuisé).
- Revue sur les risques telluriques, BRGM, *Les risques telluriques*, n°4 de la Revue Géosciences, septembre 2006, Ed. BRGM.
- Milan Zacek, 2003, *Conception parasismique*, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, 89 pages.
- Milan Zacek, 2003, *Vulnérabilité et renforcement*, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, 59 pages.
- Milan Zacek, 2003, *Evaluation de la présomption de vulnérabilité aux séismes des bâtiments existants*, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, 41 pages.
- Patricia Balandier, 2003, *Urbanisme et aménagement*, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, 95 pages.
- Patricia Balandier, 2003, *Sismologie appliquée*, Les Grands Ateliers de L'Isle-d'Abeau, 116 pages.

RETOUR AU SOMMAIRE

Textes réglementaires :

- Décret du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique.
- Arrêté du 10 mai 1993 fixant les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées.
- Décret du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.
- Arrêté ministériel du 29 mai 1997 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite "à risque normal".
- Décret du 23 décembre 2004 modifiant le Code de la construction et de l'habitation et du décret du 14 mai 1991.

Norme :

- Règles de construction parasismique PS applicables aux bâtiments, dites Règles PS 92 (norme P 06-013), Paris, Editions Eyrolles, 1996, et amendements A1 (norme NF P 06-013/A1) de février 2001.
- Règles de construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, dites "Règles PS-MI89" révisées 1992 (norme P06-014), Paris, Afnor, 1995, et amendements A1 (norme NF P 06-014/A1) de février 2001.

Glossaire

accélération maximale : Pour un site donné, valeur maximale de l'accélération mesurée sur les composantes horizontales de l'accélérogramme en un point donné. Son unité de mesure est le m/s².

accélération nominale : Valeur d'accélération servant à caler les spectres de réponse dans la réglementation française (aN). Elle n'a pas de signification physique directe. Son unitéde mesure est le m/s².

accélérogramme : Enregistrement par un accéléromètre de l'accélération du sol pendant un séisme.

accéléromètre : Sismomètre qui mesure les accélérations du sol en fonction du temps.

affleurement : Lieu où les roches qui forment le sous-sol affleurent à la surface sans être masquées par des formations superficielles de type : éboulis, alluvions, sables éoliens, etc.

aléa : Événement menaçant ou probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période données, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages.

anthropique : Terme employé pour tout ce qui est relatif à l'espèce humaine.

approche déterministe de l'aléa sismique : Détermination des caractéristiques de la secousse sismique maximale plausible en un site (intensité macrosismique, paramètres de mouvements du sol, spectre de réponse...).

approche probabiliste de l'aléa sismique : Détermination des probabilités de dépassement ou non dépassement en un site et au cours d'une période de référence (probabilités annuelles, par exemple), de valeurs de caractéristiques de l'intensité d'une secousse sismique (intensité macrosismique ou paramètres de mouvements du sol : accélération, vitesse, déplacement).

asthénosphère : Couche du globe terrestre située sous la lithosphère, c'est la partie du manteau supérieur compris entre 70 à 150 km et 700 km de profondeur. Il s'agit de la partie plastique du manteau supérieur. Du grec asthenos, sans résistance.

coefficient d'amplification : Coefficient multiplicateur appliqué dans la définition de l'action sismique pour tenir compte de l'effet topographique.

croûte terrestre : Partie la plus superficielle du globe terrestre. Elle comprend la croûte continentale (épaisse de 30 à 70 km) et la croûte océanique (épaisse de 10 km en moyenne). Elle recouvre le manteau supérieur. La limite entre la base de la croûte et la partie rigide du manteau supérieur correspond au Moho.

domaine sismotectonique : Le plus souvent délimité par des accidents tectoniques, il correspond à un domaine structural caractérisé par un type de déformation et un niveau de sismicité considéré homogène en tout point.

échelle de Richter : Echelle de magnitude des séismes, mise au point en 1930 par C.F. Richter. Elle n'a pas, de par sa définition, de limite théorique supérieure, ni inférieure. 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).

échelle MSK : Ancienne échelle d'intensité des séismes, mise au point en 1964 par Medvedev, Sponheuer et Karnik. L'échelle d'intensité qui est utilisée actuellement en Europe est l'échelle EMS 98 (European Macroseismic Scale 98).

effet de site : Amplification (cas général) ou atténuation du mouvement du sol, causée par les caractéristiques locales du site (topographie, géologie...).

effet induit : Grand mouvement du sol ou de l'eau déclenché du fait de la vibration sismique.

éléments exposés : Population, constructions et ouvrages, milieux naturels exposés à un aléa.

EMS 98 : Classes de vulnérabilité : L'EMS98 (European Macroseismic Scale) classe les bâtiments en 6 niveaux (A, B, C, D, E et F) en fonction de leur vulnérabilité, avec : classe A, la plus vulnérable, à classe F, la moins vulnérable.

EMS 98 : Degrés de dommages : L'EMS98 (European Macroseismic Scale) définit 5 degrés de dommages aux constructions : 1 -dégâts négligeables, 2 -dégâts modérés, 3 -dégâts sensibles à importants, 4 -dégâts très importants, 5 -effondrement partiel ou total.

EMS 98 : Échelle macrosismique : L'EMS98 correspond à une nouvelle échelle d'intensité macrosismique. L'intensité est évaluée en fonction de la répartition qualitative des dommages (de type : quelques , rares, beaucoup) et cela en fonction des différentes classes de vulnérabilité de bâtiments.

enjeux : La notion d'enjeu recouvre une notion de valeur, ou d'importance, ce sont des éléments exposés caractérisés par une valeur fonctionnelle, financière, économique, sociale et/ou politique.

épicentre (d'un séisme) : Point de la surface du globe situé à la verticale du foyer d'un séisme.

faille : Plan de rupture qui divise un volume rocheux en deux compartiments et le long duquel les deux compartiments ont glissé l'un par rapport à l'autre. Les failles peuvent avoir des tailles "continentales" (plus de 1 000 km), jusqu'à des tailles d'ordre décamétrique (visibles dans les carrières ou sur le bord des routes).

faille active (ou faille sismogène) : Faille sur laquelle une rupture et un glissement se sont produits à une période récente (géologique) et dont on présume qu'elle pourrait engendrer un séisme au cours d'une nouvelle et future rupture.

foyer (ou hypocentre) du séisme : Zone où s'est initialisée la rupture de la croûte à l'origine du séisme.

intensité d'un séisme (ou intensité macrosismique) : Caractérise la force d'un séisme par cotation des effets d'un séisme sur les hommes, les structures et l'environnement et cela en un lieu donné à la surface. L'intensité en un point dépend non seulement de la taille du séisme (magnitude) mais aussi de la distance au foyer, de la géologie locale et de la topographie.

isoséiste : Courbe reliant les lieux ayant la même intensité macrosismique.

liquéfaction : Transformation momentanée sous l'effet d'une secousse sismique des sols (généralement sables ou vases) saturés en eau en un fluide sans capacité portante.

lithosphère : Ensemble formé de la croûte et de la partie supérieure rigide du manteau, la lithosphère est découpée en plaques tectoniques qui sont en mouvement sur l'asthénosphère (partie plastique du manteau supérieur).

magnitude : Permet d'estimer l'énergie libérée par un séisme à partir des enregistrements sur les sismographes. La magnitude peut être corrélée avec des grandeurs physiques associées à la source, comme la taille du plan de faille ou l'énergie libérée sous formes d'ondes sismiques.

manteau : Situé sous la croûte terrestre, constitué, du sommet vers la base, d'un manteau supérieur avec une couche rigide puis plastique (asthénosphère), et d'un manteau inférieur solide.

microzonage sismique : Zonage sismique établi généralement aux échelles 1/5 000 à 1/15 000, sur l'ensemble ou une partie d'un territoire communal. Le microzonage sismique tient compte du mouvement sismique au rocher (aléa régional) et des modifications de ce mouvement en fonction des conditions locales(effets de site et effets induits). Les techniques mises en œuvre pour

RETOUR AU SOMMAIRE

cette cartographie peuvent être plus ou moins complexes selon les moyens impartis, les connaissances géologiques et sismiques initiales et les enjeux.

moment sismique : Concept récent introduit par les sismologues pour décrire un séisme de façon mécanique, le moment sismique (Mo) correspond au produit d'une constante élastique (module élastique de cisaillement, μ), par le glissement moyen qui s'est produit sur la faille (D), et par la surface de la faille (S). Il est mesuré en Newton mètres. La magnitude est une mesure logarithmique du moment sismique.

néotectonique : Discipline de la géologie qui vise plus particulièrement à étudier les déformations tectoniques des terrains ayant eu lieu ces deux derniers millions d'années (période Quaternaire).

normes de construction parasismique : Ensemble de règles de construction destinées aux bâtiments afin qu'ils résistent le mieux possible aux séismes.

paléosisimicité : Discipline qui concerne la recherche des traces de séismes anciens et leur analyse. Il s'agit généralement de travaux menés de pair avec ceux de la néotectonique.

pendage d'une faille : Représente l'inclinaison du plan de faille par rapport à l'horizontale.

période de retour : Intervalle de temps moyen entre deux occurrences successives d'un phénomène. Dans le cas d'un modèle probabiliste de Poisson, on utilise souvent pour les séismes et les bâtiments courants une période de retour de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité d'occurrence de 10% en 50 ans.

plaque tectonique : La couche supérieure rigide (lithosphère) de notre planète est découpée en une douzaine de grandes plaques et de nombreuses petites. Ce sont ces entités qui sont mobiles et entraînent les continents dans leur déplacement.

rejet d'une faille : Mesure du décalage qui s'est produit entre les deux compartiments séparés par la faille. Il peut avoir une composante : soit verticale, soit horizontale, soit les deux (mouvement composite).

réplique : Secousse sismique de magnitude plus faible succédant au séisme dit "principal" et dont le foyer se trouve à proximité sur le même plan de faille.

risque : Le risque est le croisement de l'aléa avec les enjeux et leur vulnérabilité. Il peut être exprimé sous la forme de : a) pourcentage de pertes en vies humaines et blessés, b) pourcentage de dommages aux biens et, c) en atteintes à l'activité économique de la zone analysée.

risque majeur : Menace d'une agression d'origine naturelle ou technologique dont les conséquences pour la population sont dans tous les cas tragiques en raison du déséquilibre brutal entre besoins et moyens de secours disponibles.

scénario de risque sismique : Analyse globale des conséquences (dommages corporels et matériels) d'un événement sismique d'intensité donnée sur une zone d'étude prédéfinie.

séisme de référence : Séisme dont les caractéristiques (magnitude, intensité, profondeur focale, mécanisme) seront celles utilisées pour la prise en compte de l'aléa dans le calcul du risque sismique d'une zone donnée (site ou région).

signal vibratoire : Mouvement oscillatoire du sol soumis à un séisme.

sismomètre : Appareil permettant de mesurer les mouvements du sol à l'aide d'un capteur mécanique.

sismotectonique : Analyse des relations entre les structures géologiques actives et la sismicité. Elle conduit à identifier des failles actives ou sismogènes et des domaines sismotectoniques.

source sismique : Caractérise le mécanisme physique à l'origine du séisme, c'est-à-dire la rupture sur le plan de faille au niveau du foyer sismique.

spectre de réponse : Utilisé par les ingénieurs pour caractériser le système de forces (ou action

RETOUR AU SOMMAIRE

sismique) qui s'applique à une structure lors d'un séisme. Il s'exprime par un graphe qui donne la réponse, en terme d'accélération, de vitesse ou de déplacement, d'un oscillateur simple en fonction de la période T, ou de son inverse, la fréquence f.

subduction : Processus d'enfoncement d'une plaque tectonique sous une autre plaque de densité plus faible, en général une plaque océanique sous une plaque continentale ou sous une plaque océanique plus récente.

système de structures sismogènes : Ensemble de failles sismogènes localement proches et à comportement dynamique et niveau de sismicité comparables.

tectonique des plaques : La tectonique des plaques (d'abord appelée dérive des continents) est le modèle actuel du fonctionnement interne de la Terre, c'est le déplacement en surface des plaques lithosphériques sous l'effet des cellules de convection qui anime l'asthénosphère, c'est-à-dire des mouvements ascendants et descendants produits sous la lithosphère dans le manteau plastique du fait de la chaleur dégagée par la désintégration radioactive de certains éléments chimiques. Alfred Wegener (1880 –1930) est le premier inventeur de cette théorie.

tsunami : En japonais, tsunami vient de tsu "port" et nami "vague". C'est une onde provoquée par un rapide mouvement d'un grand volume d'eau. Au niveau de la côte, le tsunami peut générer un raz de marée. Un tsunami peut être déclenché par la brusque dénivellation du fond de la mer du fait de la rupture sismique d'une faille, ou bien par un mouvement de terrain sous marin ou côtier ou encore une éruption volcanique sous marine.

vulnérabilité : Caractérise la fragilité d'un élément exposé au phénomène sismique. On l'exprime par une relation entre des niveaux de dommages et des niveaux d'agression sismique (courbe de vulnérabilité). On peut distinguer une vulnérabilité physique (ou structurelle), humaine, fonctionnelle, économique, sociale, ...

zonage sismique : Division d'un territoire en zones supposées homogènes s'agissant de leur niveau d'aléa sismique (séisme de référence et, selon le cas, période de retour correspondante).

RETOUR AU SOMMAIRE

Document coédité par la Région Provence - Alpes - Côte d'Azur, le BRGM, et la DIREN PACA avec la collaboration du CETE Méditerranée.

Comité de rédaction :

Claire Arnal (BRGM), Michel Bacou (DIREN PACA), Jean-Pierre Gautier (Région PACA DAT Service risques naturels majeurs), Laurent Michels (DIREN PACA), Florence Rivet (BRGM), Serge Solages (BRGM), Marie-Anne de Soye (Région PACA DAT Service risques naturels majeurs), Monique Terrier (BRGM), Ghislaine Verrhiest (CETE Méditerranée).

Le comité de rédaction remercie l'ensemble des personnes ayant, dans chacun des organismes partenaires, participé à la réalisation de ce classeur.

Coordination de la rédaction : Monique Terrier (BRGM)

Coordination de l'édition : Direction de la Communication et des Éditions du BRGM

Conception graphique et réalisation : BL Communication

Impression : Imprimerie Nouvelle

ISBN 13 : 978-2-7159-0996-0.

Dépôt légal, décembre 2006.

Toute reproduction de ce document devra mentionner la source :
Classeur "Le risque sismique en PACA", co-édition Région PACA, BRGM, DIREN PACA avec la collaboration du CETE Méditerranée, décembre 2006.