Plan Local d'Urbanisme

Révision Générale N° 1

TOME 2

PIECE 5.2.5 bis

SERVITUDES PM1- PLAN DE PREVENTION DES RISQUES SEISME

Mise en révision générale par délibération n° 307/04	du 20 juillet 2004
Approbation du plan local d'urbanisme par délibération du SAN OP n° 434/11	du 19 décembre 2011
Mise à jour par arrêté du SAN OP n° 37/12	du 09 juillet 2012
Modification simplifiée n° 1 approuvée par délibération du conseil municipal n° 2013/51	du 29 avril 2013
Modification simplifiée n° 2 approuvée par délibération du conseil municipal n° 2014/03	du 27 janvier 2014
Modification simplifiée n° 3 approuvée par délibération du conseil municipal n° 2014/45	du 07 avril 2014
Modification n° 4 approuvée par délibération du conseil municipal n° 2015/133	du 30 novembre 2015
Révision générale n° 1 approuvée par délibération du conseil municipal n° 2017/132	du 02 octobre 2017
Mise à jour par arrêté du Président du Conseil de Territoire n°2/18	du 15 octobre 2018

METROPOLE AIX-MARSEILLE-PROVENCE
BP 48014 - 13567 MARSEILLE CEDEX 02
T : 04 91 99 99 00

TERRITOIRE ISTRES-OUEST PROVENCE
BP 10647 - 13808 ISTRES CEDEX
T : 04 42 11 16 16

facebook.com/ampmetropole

Mairie de Grans
Hôtel de Ville
Boulevard Victor Jauffret
13450 GRANS
Tel : 04 90 55 99 70

AIX MARSEILLE PROVENCE
MÉTROPOLE

TERRITOIRE ISTRES OUEST PROVENCE

François BERNARDINI
Président du Territoire
Istres-Ouest Provence

REÇU LE 23.10.18 PREF.13

Arrêté n° 2/18

Mise à jour n° 1 du Plan Local d'Urbanisme de la Commune de Grans.
Servitudes d'utilité publique / Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles Séisme de la commune de Grans

Le Président du Conseil de Territoire Istres-Ouest Provence,

VU

- Le Code Général des Collectivités Territoriales ;
- Le Code de l'Urbanisme et notamment les articles L 151-43, L 153-60, R 153-18, R 151-51 et R 151-53 ;
- Le décret d'application n° 2015-1783 du 28 décembre 2015 ;
- L'ordonnance n° 2015-1174 du 23 septembre 2015 ;
- La délibération n° 2017-132 du Conseil Municipal de la commune de Grans du 2 octobre 2017 portant approbation de la révision du Plan Local d'Urbanisme ;
- La délibération cadre n° URB 001-3559/18/CM du Conseil de la Métropole du 15 février 2018 de répartition des compétences relatives à la modification des documents d'urbanisme (Plan d'Occupation des Sols et Plan Local d'Urbanisme) entre le Conseil de la Métropole, le Conseil de Territoire et leurs présidents respectifs ;
- L'arrêté de délégation n° 18/198/CM du 4 octobre 2018 de la Présidente du Conseil de la Métropole Aix-Marseille-Provence portant délégation de fonctions à Monsieur François Bernardini, Vice-président de droit de la Métropole Aix-Marseille-Provence et Président du Conseil de Territoire Istres-Ouest Provence en matière de Plan Local d'Urbanisme (PLU) et ses annexes ;
- L'arrêté préfectoral du 13 mars 2018 approuvant l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles Séisme sur la commune de Grans ;

ARRETE

Article 1 :
Le Plan Local d'Urbanisme de la Commune de Grans est mis à jour à la date du présent arrêté, par l'intégration des éléments suivants :
- Dans les servitudes d'utilité publique :
  - La liste des servitudes d'utilité publique actualisée,
  - Le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles Séisme sur la commune de Grans comprenant un rapport de présentation, un plan de zonage règlementaire, un règlement et des annexes.

Article 2 :
La mise à jour effectuée sur les documents est tenue à la disposition du public :
- Au Service Urbanisme de la Mairie de Grans,
- Au Service Planification Urbaine du Conseil de Territoire Istres-Ouest-Provence de la Métropole Aix-Marseille-Provence, Allée de la Passe-Pierre, Trigance 4 à Istres,
- A la Préfecture des Bouches-du-Rhône, Place Félix-Baret à Marseille,
- A la Direction Départementale des Territoires et de la Mer, 16 rue Antoine Zattara à Marseille.

Article 3 :
Le présent arrêté sera affiché durant un mois :
- Au Pharo à Marseille, siège de la Métropole Aix-Marseille-Provence,
- Au Service Planification Urbaine du Conseil de Territoire Istres-Ouest-Provence de la Métropole Aix-Marseille-Provence, Allée de la Passe-Pierre, Trigance 4 à Istres,
- Au Service Urbanisme de la Mairie de Grans.

Article 4 :
Monsieur le Président du Conseil de Territoire Istres-Ouest-Provence est chargé de l'exécution du présent arrêté dont une ampliation sera transmise à Monsieur le Préfet des Bouches-du-Rhône.

Fait à Istres, le 15 octobre 2018

Le Président
Signé : François BERNARDINI

Plan Local d'Urbanisme

Révision Générale N° 1

TOME 2

PIECE 5.2.5 bis

SERVITUDE PM1- PLAN DE PREVENTION DES RISQUES SEISME

1 - RAPPORT DE PRESENTATION
2 - PLAN DE ZONAGE REGLEMENTAIRE
3 - REGLEMENT

METROPOLE AIX-MARSEILLE-PROVENCE
BP 48014 - 13567 MARSEILLE CEDEX 02
T : 04 91 99 99 00

TERRITOIRE ISTRES-OUEST PROVENCE
BP 10647 - 13808 ISTRES CEDEX
T : 04 42 11 16 16

facebook.com/ampmetropole

Mairie de Grans
Hôtel de Ville
Boulevard Victor Jauffret
13450 GRANS
Tel : 04 90 55 99 70

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Direction Départementale des territoires
et de la mer
Service Urbanisme
16, rue Antoine Zattara
13332 Marseille Cedex 3

04 91 28 40 40
ddtm@bouches-du-rhone.gouv.fr

**Approuvé par
arrêté préfectoral le
13 mars 2018**

COMMUNE DE GRANS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R.)

SEISME

1 – RAPPORT DE PRESENTATION

SOMMAIRE

CHAPITRE I 3

Procédure d'élaboration du Plan de Prévention des Risques Naturels 3
I.1 Cadre législatif et réglementaire des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN) 3
I.2 Qu'est ce qu'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)? 3
I.3 La procédure d'élaboration du PPRN 5
I.3.a Prescription 5
I.3.b Association, consultation, et concertation 5
I.3.c Enquête publique 6
I.3.d Approbation 7
I.3.e Révision et modification du Plan de Prévention des Risques 9

CHAPITRE II 11

Risque sismique et Plan de Prevention des Risques Naturels 11
II.1 Le Phénomène sismique 11
II.2 Les manifestations du phénomène 12
II.2.a Les effets de site lithologiques (liés à la géologie) 13
II.2.b Les effets de site topographiques (liés au relief) 14
II.2.c La liquéfaction (effet induit) 15
II.2.d Les mouvements de terrain (effet induit) 16
II.3 La réglementation parasismique nationale de la France 17
II.3.a L'historique de la réglementation parasismique relative aux bâtiments 17
II.3.b La nouvelle réglementation parasismique nationale 19
II.4 Intérêt, historique et contenu du PPRN Séisme de Grans 20
II.4.a Intérêt d'un PPRN sismique (ouvrages « à risque normal ») 20
II.4.b Historique du PPRN Séisme de terrain de Grans 22

CHAPITRE III 25

Présentation de la commune de Grans 25

CHAPITRE IV 29

Evaluation des aleas sismique et mouvements de terrain sur la commune de Grans 29
IV.1 Contexte physique, géographique et géomorphologique 29
IV.1.a Contexte Géographique 29
IV.1.b Contexte Géologique 29
IV.1.c Contexte Géotechnique 30
IV.1.d Contexte hydrogéologique 31
IV.2 Evaluation et caractérisation des aléas sismique et mouvements de terrain sur le territoire communal 32
IV.2.a Définition des zones lithologiquement (ou sismiquement) homogènes 32

IV.2.b Evaluation locale des mouvements sismiques – Spectres de réponse spécifiques 33
IV.2.c Evaluation locale et prise en compte des effets de site topographiques 34
IV.2.d Evaluation locale et prise en compte de l'aléa liquéfaction sous séisme 35
IV.2.e Evaluation locale et prise en compte de l'aléa mouvements de terrain sous séisme 36
IV.3 Le croisement des aléas 36
IV.4 La définition des enjeux 37

CHAPITRE V 39

Le zonage du Plan de Prévention des Risques Naturels 39
V.1 Définition du zonage 40
V.2 Principe réglementaire pour les projets neufs 41
V.3 Mesures sur les biens et activités existants 41
V.4 Mesures de prévention de protection et de sauvegarde 41

CHAPITRE VI 43

La Sécurité Civile et la solidarité 43
VI.1 Mesures de sécurité civile 43
VI.2 Solidarité et obligations 43

CHAPITRE VII 45

La portée et les effets du P.P.RN 45
VII.1 PPRN et urbanisme 45
VII.2 Pouvoir de police du Préfet et du Maire 45
VII.3 PPRN et sanctions administratives 46
VII.4 PPRN et assurances 46
VII.5 PPRN et sanctions pénales 47
VII.6 PPRN et information préventive 47
VII.7 PPRN et IAL 48
VII.8 PPRN et PCS 48

CHAPITRE I

PROCEDURE D'ELABORATION DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS

I.1 Cadre législatif et réglementaire des Plans de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

La loi du 22 juillet 1987, modifiée par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, a institué les plans de prévention des risques naturels (PPRN). Les modalités d'application de la loi ont été définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995. La procédure PPRN est désormais définie par les articles L.562-1 à L.562-9, L. 563-1 et par les articles R. 562-1 à R. 562-10 (modalités d'application) du Code de l'Environnement.

I.2 Qu'est ce qu'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)?

Le Plan de Prévention des Risques Naturels Prévisibles est un document réalisé par l'État dans les territoires les plus exposés aux risques naturels, dont l'objet est d'étudier et de réglementer les zones de risques.

Un PPRN est élaboré sur un territoire quand celui-ci est soumis à des phénomènes naturels récents ou historiques ayant occasionné des dommages aux personnes et aux biens.

L'élaboration des PPRN suit une programmation priorisée à l'échelle du département.

Phase d'évaluation de l'aléa et des enjeux

L'évaluation des principaux phénomènes naturels ayant touché le territoire (recherches bibliographiques, enquêtes de terrain, études…), et l'analyse des enjeux[1] menée en concertation avec les collectivités, constituent les données de base nécessaires à l'élaboration du PPRN.

Délimitation des zones du PPRN

Le PPRN délimite les zones directement exposées à des risques et en cas de besoin , d'autres zones non directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux (Art. L. 562-1 du Code de l'Environnement).

Réglementation des zones du PPRN

Le PPRN réglemente l'utilisation des sols, dans l'objectif de garantir la sécurité des personnes, de prévenir les dommages aux biens et de ne pas aggraver les risques.

[1] Traduction de l'urbanisme, de l'usage des sols sur les communes exposées au risque

Le PPRN réglemente les projets d'**installations nouvelles** avec un champ d'application étendu puisqu'il peut intervenir sur tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitations agricoles, forestières, artisanales, commerciales ou industrielles, pour leur réalisation, leur utilisation ou leur exploitation (règles d'urbanisme, de construction, d'exploitation, etc.).

Il instaure une réglementation graduée qui s'étend de la possibilité de construire sous certaines conditions jusqu'à l'interdiction de construire. Cette interdiction se justifie dans le cas où l'intensité prévisible du risque est trop forte ou lorsque l'objectif de non-aggravation du risque existant ne peut être atteint. Le PPRN vise ainsi à orienter les choix d'aménagement des territoires en cohérence avec une bonne prise en compte des risques.

Le PPRN a également pour objectif de contribuer à réduire la vulnérabilité des personnes et des biens déjà implantés en zone de risque. A cet effet, il peut agir sur l'**existant** à travers la prescription de mesures relevant du même champ d'application que celui des projets nouveaux. (Art. R. 562-5 du Code de l'Environnement).
Toutefois, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

Le PPRN peut définir **des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** qui incombent aux collectivités publiques compétentes, aux propriétaires, exploitants et utilisateurs concernés. Cette possibilité vise notamment les mesures liées à la sécurité des personnes et à l'organisation des secours ainsi que la limitation des dommages aux biens ou le retour à la normale (Art. R. 562-4 du Code de l'Environnement).

En conclusion, le PPRN permet de :

- ✓ synthétiser la connaissance des risques sur un territoire donné,
- ✓ délimiter les zones exposées aux risques,
- ✓ interdire ou réglementer les projets de construction ou d'aménagement,
- ✓ définir des mesures relatives à l'existant,
- ✓ définir des mesures de prévention, de protection ou de sauvegarde,
- ✓ orienter le développement vers des zones exemptes de risques prévisibles.

En application de l'article R. 562-3 du Code de l'Environnement, le dossier du présent PPRN comprend :

- ✓ un rapport de présentation, qui présente l'analyse des phénomènes pris en compte, ainsi que leur impact sur les personnes et sur les biens existants et futurs. Il justifie les choix retenus en matière de prévention en indiquant les principes d'élaboration du PPRN et en explicitant le règlement mis en place,
- ✓ une ou des carte(s) de zonage réglementaire, qui délimitent les zones réglementées par le PPRN,

- ✓ un règlement qui précise les règles s'appliquant à chacune de ces zones. Le règlement définit ainsi les conditions de réalisation de **tout projet**, les **mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** qui incombent aux collectivités et aux propriétaires, exploitants et utilisateurs concernés, ainsi que les mesures de réduction de vulnérabilité applicables aux biens et activités **existants**,

- ✓ des annexes qui présentent l'ensemble des documents non réglementaires utiles à la bonne compréhension du dossier.

I.3 La procédure d'élaboration du PPRN

La procédure d'élaboration comprend quatre phases successives:

I.3.a Prescription

Le Préfet de département prescrit par arrêté l'établissement du Plan de Prévention des Risques (Art. R 562-1 du Code de l'Environnement**)**.

Cet arrêté détermine le périmètre et la nature des risques pris en compte et désigne le service déconcentré de l'Etat chargé d'instruire le projet. Cet arrêté définit les modalités de la concertation relative à l'élaboration du projet (Art. R. 562-2 du Code de l'Environnement).

I.3.b Association, consultation, et concertation

Selon l'article L. 562-3 du Code de l'Environnement, il appartient au préfet de définir les modalités de la concertation et de l'association relative à l'élaboration du projet de P.P.R.N.

Association des collectivités territoriales et des EPCI : Selon l'article L.562-3 du Code de l'Environnement, les collectivités territoriales et les Etablissements Publics de Coopération Intercommunales doivent être associés à l'élaboration du projet de PPRN.

Concertation publique : Elle s'adresse à l'ensemble des personnes concernées (collectivités territoriales, organismes professionnels, populations résidentes, etc.), permet d'informer sur les risques et les contraintes qui en découlent et de recueillir les observations et remarques tout au long de la procédure d'élaboration (réunion publique, information, boite au lettre numérique, pièces du dossier consultable en ligne…).

Les modalités d'association et de concertation ont été définies comme suit :

- ✓ au moins une réunion avec la commune de Grans,

- ✓ un dossier d'avancement de la procédure et des documents pédagogiques relatifs au PPRS étaient consultables sur le site Internet des services de l'État dans le département des Bouches-du-Rhône à l'adresse suivante:

http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Securite/Securite-civile/La-prevention

- ✓ Un registre et un exemplaire du projet de PPRN ont été tenus à la disposition du public, pendant un mois, en mairie, afin de recueillir ses observations,

- ✓ l'ouverture d'une boîte aux lettres en ligne sur le site Internet des services de l'Etat dans les Bouches-du-Rhône à l'adresse suivante :

http://bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Securite/Securite-civile/laprevention

Consultation des Personnes et Organismes associés (POA) : Le projet de plan de prévention des risques naturels prévisibles est soumis à l'avis des conseils municipaux des communes et des organes délibérants des établissements publics de coopération intercommunale compétents pour l'élaboration des documents d'urbanisme dont le territoire est couvert, en tout ou partie, par le plan (Art. R. 562-7 du Code de l'Environnement).

Sont également consultés :

- ✓ les organes délibérant du département et de la région si le projet de plan contient des mesures relevant de leur compétence,

- ✓ si le projet de plan concerne des terrains agricoles ou forestiers, les dispositions relatives à ces terrains sont soumises à l'avis de la chambre d'agriculture et du centre régional de la propriété forestière.

Tout avis demandé qui n'est pas rendu dans un délai de deux mois à compter de la réception de la demande est réputé favorable.

I.3.c Enquête publique

Le projet de Plan de Prévention des Risques est soumis par le Préfet à une enquête publique dans les formes prévues par les articles R. 123-6 à R. 123-23 du Code de l'Environnement (Art. R 562-8 du Code de l'Environnement).

L'enquête publique est conduite par un commissaire enquêteur nommé par le président du tribunal administratif dans un délai de 15 jours suivant la demande de désignation par le préfet (Art R. 123-5 du Code de l'Environnement).

Le dossier soumis à enquête publique comporte les pièces mentionnées à l'article R. 123-8 du code de l'environnement et notamment le projet de P.P.R. complet : rapport de présentation, document graphique, règlement.

La durée de l'enquête publique est fixée par l'autorité compétente pour ouvrir et organiser l'enquête. Cette durée ne peut être inférieure à trente jours (Art R. 123-6 du Code de l'Environnement).

Pendant la durée de l'enquête, le public peut consigner ses observations, propositions et contre-propositions sur le registre d'enquête tenu à la disposition du public dans chaque lieu où est déposé un dossier. En outre, les observations écrites et orales du public sont également reçues par le commissaire enquêteur ou par un membre de la commission d'enquête, aux lieux, jours et heures prévus. (Art. R. 123-13 du Code de l'Environnement).

Le commissaire enquêteur ou la commission d'enquête établit un rapport qui relate le déroulement de l'enquête et examine les observations recueillies. Le commissaire enquêteur ou la commission d'enquête consigne, dans un document séparé, ses conclusions motivées, en précisant si elles sont favorables, favorables sous réserves ou défavorables au projet. (Art. R. 123-19 du Code de l'Environnement).

A l’issue de l’enquête publique, le projet de Plan de Prévention des Risques peut être modifié par le service instructeur (DDTM 13) sur la base du rapport de l'enquête publique et des avis recueillis.

I.3.d Approbation

A l'issue des consultations le projet de plan de prévention des risques naturels (PPRN), éventuellement modifié, est approuvé par arrêté préfectoral (Art. R. 562-9 du Code de l'Environnement).

Le Plan de Prévention des Risques approuvé vaut servitude d'utilité publique. Il est annexé au Plan Local d'Urbanisme conformément à l'article L. 151-43 du Code de l'Urbanisme (Art. L. 562-4 du Code l'Environnement).

Les différentes phases de la procédure d’élaboration du PPRN sont résumées dans le schéma ci-après.

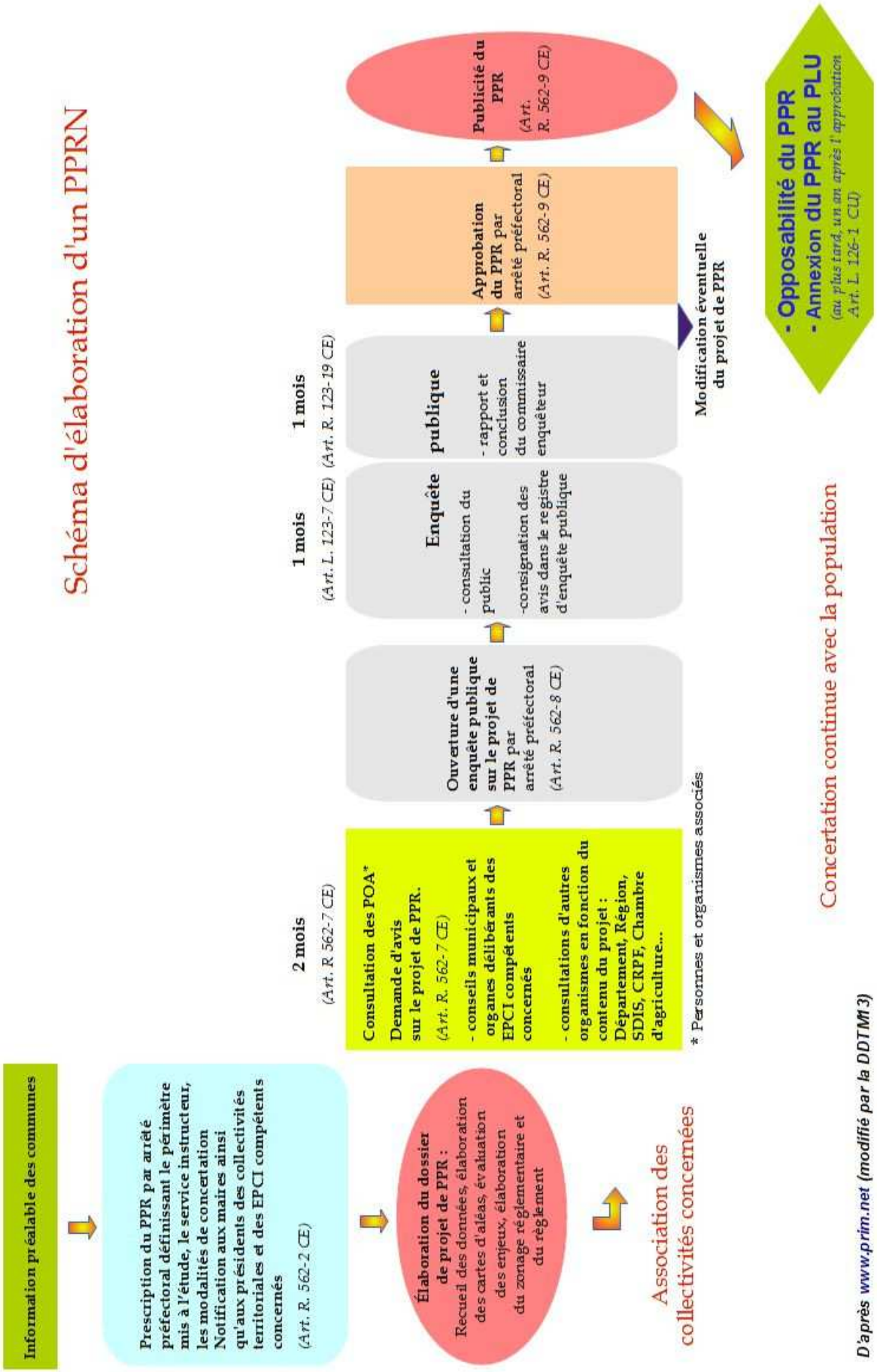


Illustration 1 : Procédure des Plans de Préventions des Risques Naturels

Les PPRN approuvés peuvent évoluer selon des procédures de modification ou de révision.

I.3.e Révision et modification du Plan de Prévention des Risques

L'article 222 de la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement a introduit une procédure de modification sans enquête publique des Plans de Prévention des Risques à l'article L. 562-4-1 du Code de l'Environnement. Avant cette réforme, le Plan de Prévention des Risques ne pouvait faire que l'objet d'une révision dans les conditions décrites à l'article R. 562-10 du Code de l'Environnement.

Un Plan de Prévention des Risques peut être modifié pour tenir compte de nouvelles informations relatives principalement :

- ✓ aux caractéristiques des risques,
- ✓ à l'évolution de la vulnérabilité des territoires concernés.

Révision d'ensemble du Plan de prévention des Risques

La révision d'un Plan de Prévention des Risques s'effectue dans les mêmes conditions que la procédure d'élaboration d'un Plan de Prévention des Risques (Art. R. 562-10 du Code de l'Environnement).

Révision partielle du Plan de Prévention des Risques

La révision partielle d'un Plan de Prévention des Risques fait l'objet d'une procédure simplifiée. Les consultations et l'enquête publique mentionnées ne sont effectuées que dans les communes sur le territoire desquelles les modifications proposées seront applicables (Art. R. 562-10 Code de l'Environnement).

Les documents soumis à consultation ou enquête publique comprennent :

- ✓ Une note synthétique présentant l'objet des modifications envisagées,
- ✓ Un exemplaire du plan tel qu'il serait après modification avec l'indication, dans le document graphique et le règlement, des dispositions faisant l'objet d'une modification et le rappel, le cas échéant, de la disposition précédemment en vigueur.

Modification d'un Plan de Prévention des Risques

Selon l'article L. 562-4-1 du code de l'environnement, le P.P.R. peut également être modifié à condition que la modification envisagée ne porte pas atteinte à l'économie générale du Plan. Cette procédure peut notamment être utilisée pour (Art. R. 562-10-1 Code de l'Environnement) :

- ✓ rectifier une erreur matérielle,
- ✓ modifier un élément mineur du règlement ou de la note de présentation,
- ✓ modifier les documents graphiques délimitant les zones exposées à des risques et celles qui ne sont pas directement exposées aux risques mais où l'utilisation du sol pourrait provoquer ou aggraver les risques ailleurs afin de tenir compte des changements dans les circonstances de fait.

L’arrêté préfectoral précise l'objet de la modification, définit les modalités de la concertation et de l'association.

Une telle modification du PPRN s’effectue sans enquête publique et seuls sont associés les communes et les E.P.C.I. concernés.

Le projet de modification et l’exposé de ses motifs sont portés à la connaissance du public en vue de permettre à ce dernier de formuler des observations dans un registre ouvert à cet effet pendant le délai d’un mois précédant l’approbation par le préfet de la modification (Art. L. 562-4-1 Code de l’Environnement).

oOo

CHAPITRE II

RISQUE SISMIQUE
ET PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS

Le risque naturel pris en compte dans le présent Plan de Prévention des Risques est le risque sismique (absence d'aléa mouvements de terrain identifié par le microzonage sur le territoire communal).

L'évaluation des aléas sismique (microzonage) et mouvements de terrain réalisée dans le cadre de l'élaboration du présent PPRN a été effectuée par la Direction Territoriale Méditerranée (Service Risque Sismique) du Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement[2] (CEREMA).

II.1 Le Phénomène sismique

Les séismes sont, avec le volcanisme, une des manifestations de la tectonique des plaques. Un séisme est une vibration du sol transmise aux bâtiments, causée par une fracturation brutale des roches en profondeur créant des failles dans le sol et parfois en surface. Cette fracturation est due à une grande accumulation d'énergie qui se libère, en créant des failles, au moment où le seuil de rupture mécanique des roches est atteint. Après la secousse principale, des répliques se produisent, qui correspondent à des petits réajustements des blocs au voisinage de la faille. Ces répliques peuvent avoir lieu plusieurs semaines ou plusieurs mois après la secousse principale.

Un séisme est caractérisé par:

- ✓ **son foyer** (source) **:** région de la faille où se produit la rupture et d'où se propagent les ondes sismiques,
- ✓ **son épicentre :** point situé à la surface terrestre à la verticale du foyer et où l'intensité est la plus importante (en supposant une absence d'effets de site[3]),
- ✓ **sa magnitude :** unique pour un séisme donné, elle traduit l'énergie libérée par le séisme. La magnitude est calculée à partir de la mesure de l'amplitude maximale des ondes sismiques sur un sismogramme (ou sur la combinaison de sismogrammes). Elle est généralement mesurée par l'échelle de Richter. Augmenter la magnitude d'un degré revient à multiplier l'énergie libérée par 30 environ,
- ✓ **son intensité :** elle mesure les effets et dommages du séisme en un lieu donné. Ce n'est pas une mesure objective, mais une appréciation de la manière dont le séisme est perçu par les personnes et se traduit en surface en terme de dommages. On utilise

[2] Le CEREMA est un établissement public à caractère administratif (EPA), sous la tutelle conjointe du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère du logement, de l'égalité des territoires et de la ruralité

[3] Pour en savoir plus sur les effets de site, se reporter au paragraphe I.5

habituellement l'échelle MSK[4]. Depuis janvier 2000, le Bureau Central Sismologique Français (BCSF) a adopté l'échelle européenne EMS 98[5] qui précise l'échelle MSK. L'intensité n'est pas fonction uniquement du séisme, mais également du lieu où la mesure est prise. En effet, les conditions topographiques ou géologiques locales (dans le cas des terrains sédimentaires reposant sur des roches plus dures) peuvent créer des effets de site qui amplifient l'intensité d'un séisme. En l'absence d'effets de site, l'intensité d'un séisme est maximale à l'épicentre et décroît avec la distance.

II.2 Les manifestations du phénomène

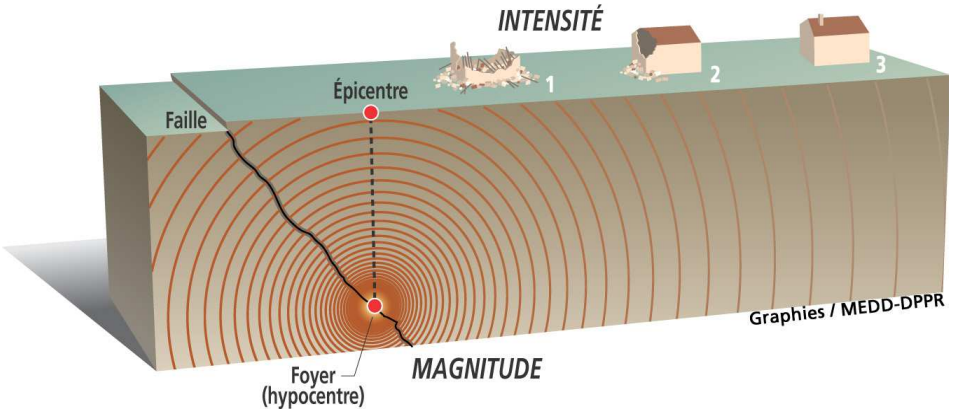


Illustration 2: Phénomène sismique

Le séisme se manifeste d'abord par des vibrations. Leur ampleur en un point est fonction des paramètres de la source (magnitude, type de mouvement, profondeur, etc.), de la distance à la source, mais aussi des propriétés mécaniques des sols et de la structure géotechnique du lieu d'observation. Il s'agit des effets lithologiques (ou géologiques) et topographiques communément appelés effets de site.
Il peut également générer des effets induits : liquéfaction et mouvements de terrain (chutes de blocs, glissements…).

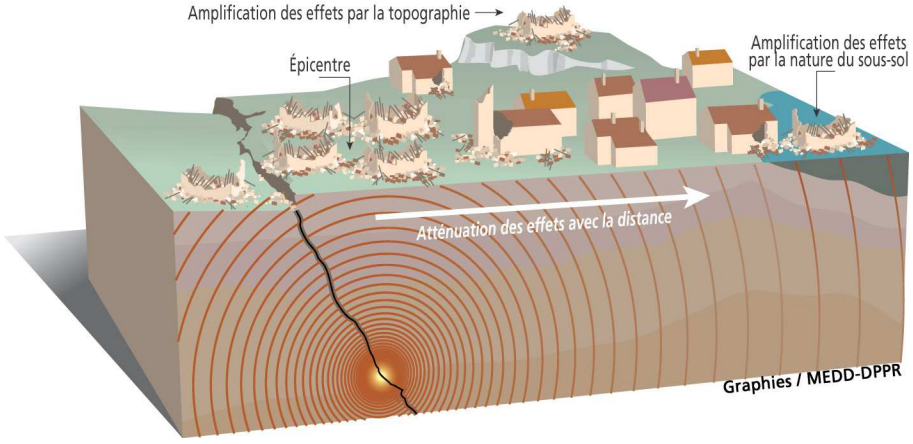


Illustration 3 : Effets de la nature du sol lors d'un séisme

[4] L'échelle MSK comporte douze degrés. Le premier degré correspond à un séisme non perceptible, le douzième à un changement total du paysage
[5] Pour en savoir plus sur l'échelle européenne EMS 98, se reporter à l'annexe 4-9

II.2.a Les effets de site lithologiques (liés à la géologie)

Les effets de site sont des phénomènes physiques qui préoccupent de plus en plus les responsables de la gestion parasismique. L'observation post-sismique a montré en effet que les conditions de sols en sub-surface (dans les 100 premiers mètres de la croûte terrestre en général) pouvaient augmenter l'agressivité d'un séisme.

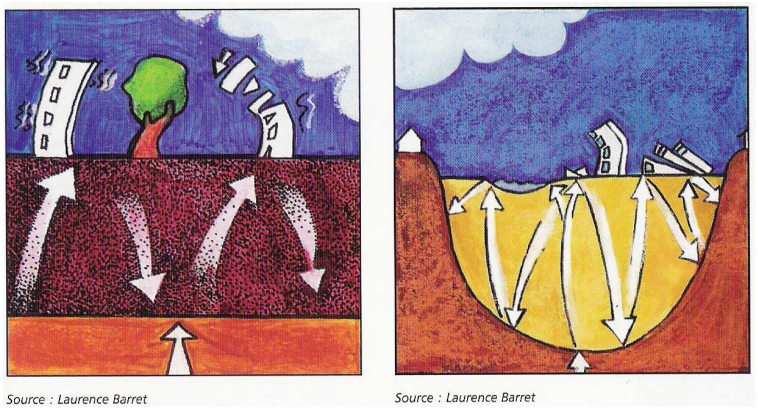


Illustration 4 : Extrait du Guide méthodologique des Plans de Prévention des risques naturels – Risques sismiques.

Dans le cas le plus courant, des effets de site se manifestent sur un remplissage sédimentaire ou anthropique meuble, surmontant un substratum rigide. Les ondes sismiques peuvent être piégées dans la couche meuble. Cela conduit à un véritable phénomène de résonance et à une amplification du signal en surface. Cette amplification se fera principalement à une fréquence fondamentale, f_0, liée aux caractéristiques de la couverture sédimentaire.

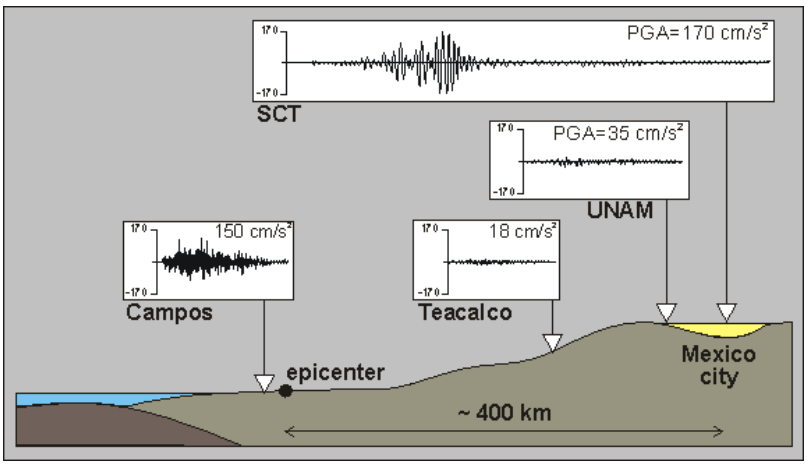


Illustration 5 : Evolution de l'accélération en fonction de la distance a l'épicentre - Séisme de Mexico 1985
Source : Pierre Mouroux

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

II.2.b Les effets de site topographiques (liés au relief)

La forme du relief peut accroître les effets dévastateurs d'un séisme notamment par une amplification des vibrations. Les effets de site topographiques se traduisent ainsi par des amplifications pouvant être importantes au sommet des buttes, sur les crêtes allongées, les rebords de plateaux ou de falaises.



Source : Laurence Barret

Illustration 6: Extrait du Guide méthodologique des Plans de Prévention des risques naturels - Risques sismiques.

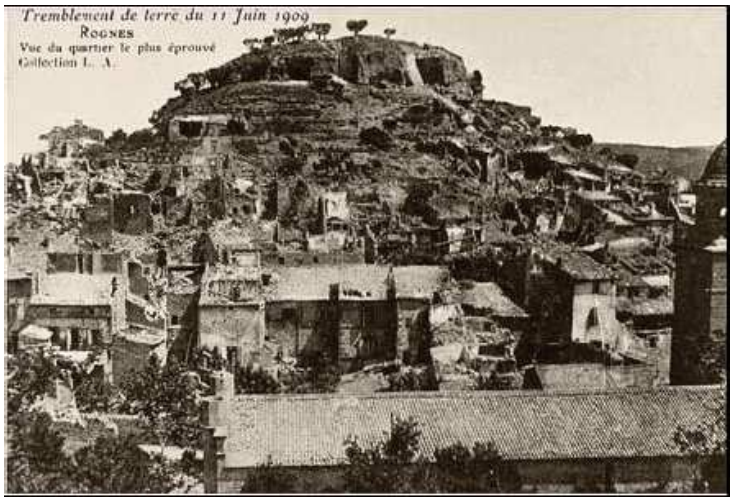


Illustration 7 : Communes de Rognes - Séisme de Lambesc 1909 Droits réservés - © 1909

L'effet topographique est l'hypothèse avancée pour expliquer l'amplification des dommages observée lors du séisme de 1909 au niveau des reliefs marqués de la commune de Rognes ainsi que sur d'autres communes au nord du département des Bouches-du-Rhône.

En effet, on peut remarquer sur la carte postale d'époque ci-contre que la quasi-totalité des constructions situées au niveau des flancs de la colline (colline du Foussa) a été détruite alors qu'en contrebas, au pied du relief, les bâtiments ont subi beaucoup moins de dommages.

Incidence réglementaire :

Les effets de site (lithologiques et topographiques) n'entraînent pas d'inconstructibilité. En cas d'utilisation des règles Eurocode 8, l'amplification du signal est prise en compte par l'intermédiaire des spectres de réponse[6].
Il faut cependant éviter d'implanter tout bâtiment en rebord de plateau et en sommet de butte afin de se préserver de l'amplification de l'accélération subi par le bâtiment en raison de l'effet de site topographique.

[6] Pour en savoir plus sur les spectres de réponse, se reporter à l'annexe 4-3

II.2.c La liquéfaction (effet induit)

On appelle liquéfaction d'un sol, le processus conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement du sol par augmentation de la pression interstitielle. Elle est accompagnée de déformations dont l'amplitude peut être limitée ou quasi-illimitée.

Le risque de liquéfaction résulte de la combinaison de deux facteurs:

- ✓ la susceptibilité du sol à la liquéfaction, qui fait intervenir la granulométrie et l'état de compacité du sol, le niveau de la nappe, et la contrainte verticale initiale.
- ✓ les caractéristiques de l'action sismique (amplification, durée, etc.) qui a pour effet de solliciter le terrain en cisaillement.

Le risque de liquéfaction est d'autant plus grand que le sol est contractant (sable lâche) et est d'autant plus rapide que le sol est proche de la saturation en eau.

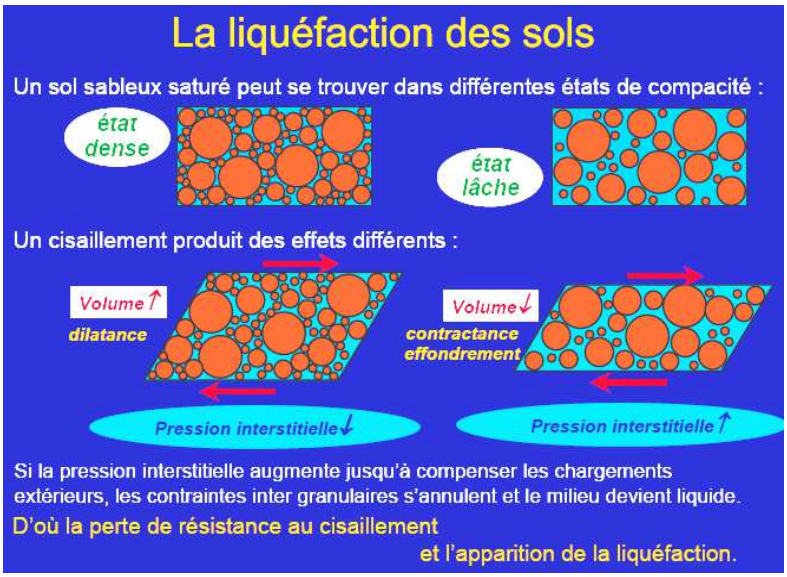


Illustration 8 : Explication du phénomène de liquéfaction

En cas de liquéfaction, le sol perdra toute sa portance et va se comporter comme un liquide. Il ne pourra plus supporter les charges notamment les bâtiments auxquels il est soumis.

La liquéfaction des terrains en profondeur se manifeste généralement par les évènements suivants:

- ✓ éjection de sable, volcan de boue, fissures émissives,
- ✓ remontées d'eau et de sable sous pression par les fissures,
- ✓ rupture du sol par poinçonnement,
- ✓ phénomène de tassement,
- ✓ glissements latéraux,
- ✓ soulèvement des ouvrages enterrés.

Les sols susceptibles de se liquéfier sont ceux dont les contextes de dépôt sont les suivants :

- ✓ les vallées alluviales,
- ✓ les deltas,
- ✓ les rives de fleuves et de lacs, les bords de mer.

La plupart des épisodes de liquéfaction a lieu à des faibles profondeurs (probablement moins de 10 mètres) et dans des zones où la nappe phréatique (libre ou perchée) est près de la surface ou bien à quelques mètres de celle-ci.



Illustration 9 : Séisme d'Izmit, Turquie, 1999 ©BRGM

Conséquence de la liquéfaction sur un immeuble à Adapazari

Bien que construit sur un radier général, l'immeuble a basculé sous l'effet de la liquéfaction

Incidence réglementaire :

L'aléa liquéfaction n'entraîne pas d'inconstructibilité. Cependant, tout projet doit être adapté (étude géotechnique, mesures constructives,…) afin de se prémunir de cet effet induit.

II.2.d Les mouvements de terrain (effet induit)

Les phénomènes gravitaires (mouvements de terrain) ne sont pas présentés dans le cadre de ce rapport car **aucun mouvement de type chutes de blocs, glissement de terrain, effondrement, etc. n'a été identifié sur la commune de Grans dans l'étude technique réalisée par le CEREMA**.

II.3 La réglementation parasismique nationale de la France

La protection vis-à-vis du risque sismique est régie en France par un ensemble de documents composés par de textes législatifs (lois), de textes réglementaires ou techniques (décrets, arrêtés et circulaires) d'une part et par des règles techniques d'autres part.

Les textes réglementaires précisent les ouvrages concernés (classification des ouvrages), les situations géographiques (définition des zones de sismicité), les règles techniques à appliquer (règles de construction parasismique), les niveaux minimaux de protection visés ainsi que les dates d'application de l'obligation.

Les textes techniques, établis par la communauté scientifique et technique généralement entérinés selon une procédure officielle (Eurocode, Norme - DTU par exemple), prescrivent les conditions techniques à satisfaire telles la conception, le dimensionnement, les dispositions constructives.

II.3.a L'historique de la réglementation parasismique relative aux bâtiments

Evolution du zonage sismique sur la commune de Grans

Depuis le tout premier zonage sismique réglementaire établi en 1969 et jusqu' à l'entrée en vigueur du dernier zonage sismique en 2011, la commune de Grans a toujours été classée dans la zone de sismicité la plus forte de la métropole (Zone II en 1969, zone II en 1993 et zone 4 en 2011).

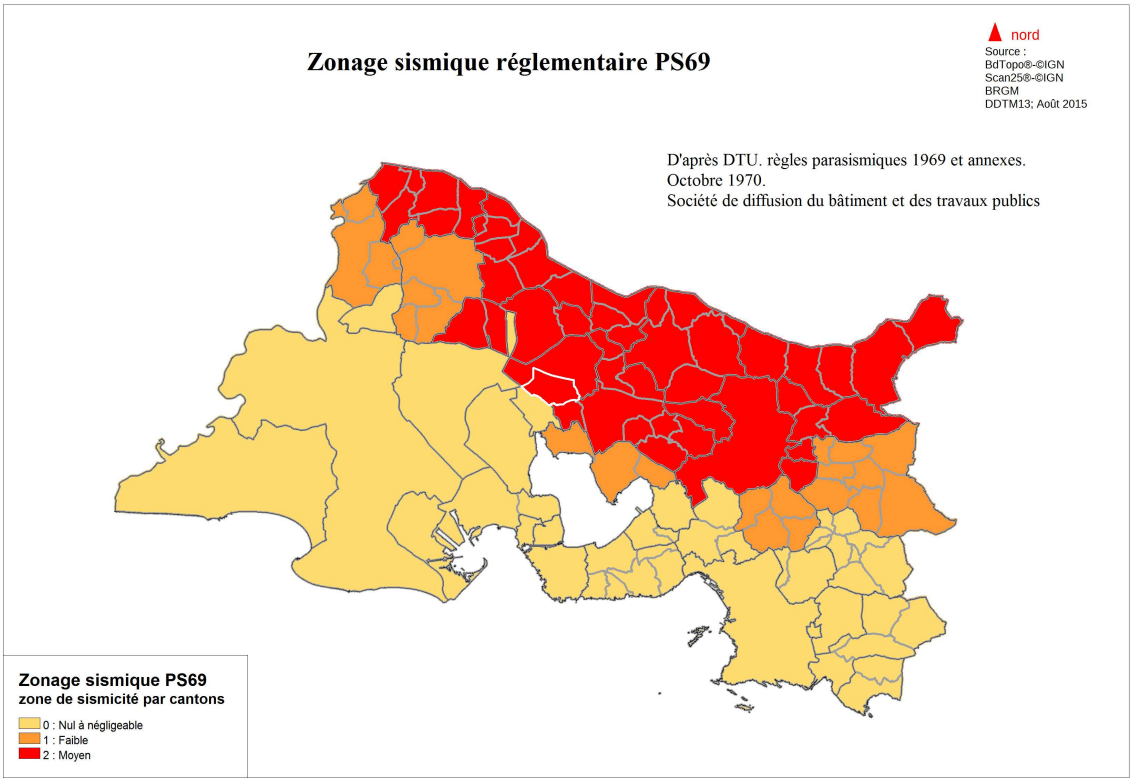


Illustration 10 : Zonage sismique entré en vigueur en 1969
Département des Bouches-du-Rhône

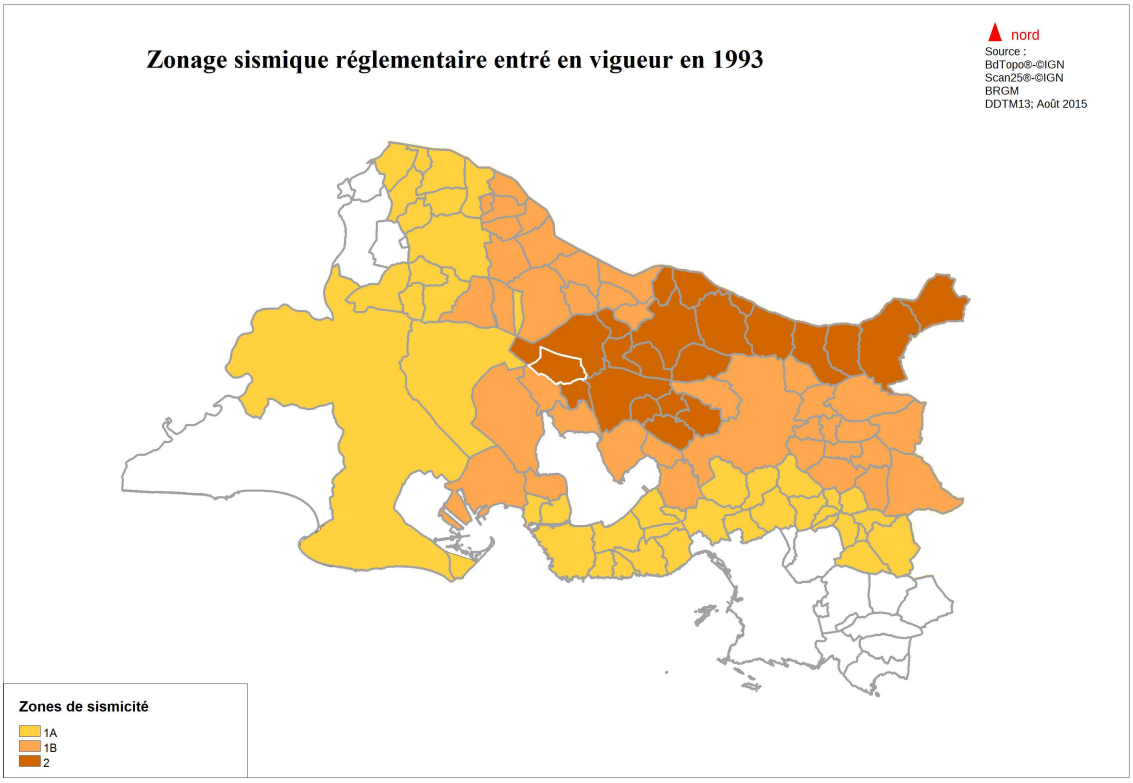


Illustration 11 : Zonage sismique entré en vigueur en 1993
Département des Bouches-du-Rhône

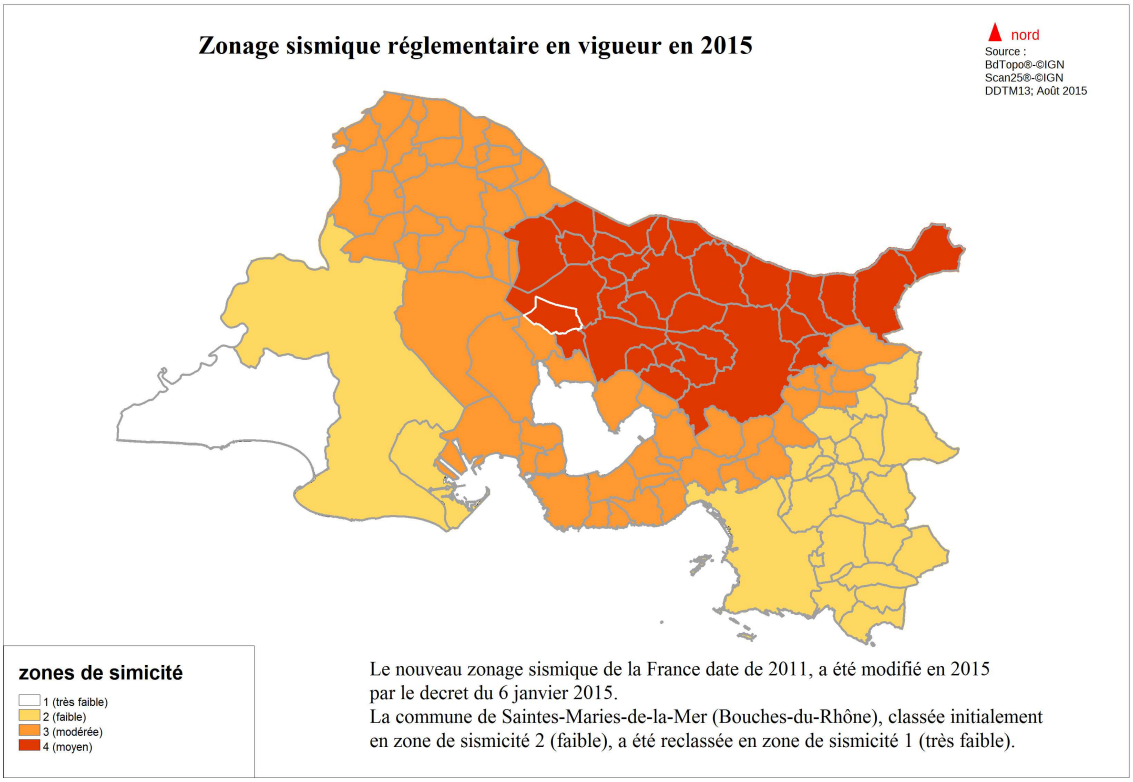


Illustration 12 : Zonage sismique entré en vigueur en 2011 et modifié en 2015
Département des Bouches-du-Rhône

Evolution de la réglementation parasismique

En France, la première réglementation parasismique date de 1967 et concernait les Immeubles de Grande Hauteur (IGH). Par la suite, les règles ont été étendues à tous les ouvrages « à risque normal »[7] (application des règles de construction parasismique PS69/82 puis PS 92 ou PS-MI 89 révisées 92)

La nouvelle réglementation a intégré les règles européennes de construction parasismique Eurocode 8.

II.3.b La nouvelle réglementation parasismique nationale

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

En effet, les anciennes règles de construction PS 92 et l'ancien zonage ont été révisés du fait, d'une part de l'évolution des connaissances scientifiques dans les domaines de la géologie, de la sismotectonique et de la sismologie et d'autre part du retour d'expérience des missions post-sismiques dans le monde (Algérie, Chine, Espagne, Indonésie, Italie, Iran, Japon, Turquie...).

L'évolution de la réglementation a notamment abouti à un nouveau zonage national basé sur une évaluation probabiliste de l'aléa et à l'adoption de nouvelles normes de construction parasismique européennes (l'Eurocode 8) qui s'appuient sur des formes spectrales largement différentes de celles de l'ancienne réglementation.

Le cadre législatif et réglementaire de la réglementation applicable aux bâtiments « à risque normal »

A la date d'approbation du présent PPRN, le cadre législatif et réglementaire pour les bâtiments « à risque normal » est constitué des deux décrets et de l'arrêté suivants :

Le **décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010**, relatif à la prévention du risque sismique (codifiée aux articles R. 563-1 à 8 du Code de l'Environnement).

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

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

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

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

[7] Cette classe (dite « à risque normal ») correspond au bâti dit courant (maisons individuelles, immeubles d'habitation collective, écoles, hôpitaux, bureaux,…)

La réglementation parasismique nationale impose l'application de règles de construction parasismique pour les bâtiments neufs et pour les bâtiments existants faisant l'objet de travaux lourds (Cf. Annexe 4-4).

Concernant la réglementation parasismique applicable aux bâtiments « à risque normal », vous pouvez consulter le document « Transmission d'Informations aux Maires (TIM) » présentant le phénomène sismique et la réglementation parasismique nationale. Ce document a fait l'objet d'un courrier préfectoral aux maires des Bouches-du-Rhône en date du 7 juillet 2015. Le TIM est consultable et téléchargeable sur le site Internet des services de l'Etat dans les Bouches-du-Rhône à l'adresse suivante :

http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Securite/Securite-civile/La-prevention

Parmi les ouvrages « à risque normal », outre les bâtiments, on peut également citer les ponts pour lesquels un arrêté a été publié en 2011 :

L'Arrêté du 26 octobre 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux ponts de la classe dite « à risque normal »

Les catégories d'importance des ponts sont spécifiées dans l'article 2 dudit arrêté. Les normes NF EN 1998-2, NF EN 1998-1 et NF EN 1998-5 dites règles Eurocode 8 » accompagnées des documents dits « annexes nationales » des normes NF EN 1998-2/NA, NF EN 1998-1/NA, NF EN 1998-5/NA s'y rapportant s'appliquent aux ponts nouveaux définitifs de catégorie d'importance II, III et IV.

Pour les ouvrages « à risque normal » (bâtiments, ponts…), les spectres de réponse spécifiques définis par le microzonage se substituent aux spectres de réponse définis par la réglementation parasismique nationale.

II.4 Intérêt, historique et contenu du PPRN Séisme de Grans

II.4.a Intérêt d'un PPRN sismique (ouvrages « à risque normal »)

Quel est l'intérêt d'un PPRN sur le risque sismique alors qu'une réglementation parasismique nationale existe ?

En l'absence de microzonage (évaluation locale de l'aléa), la réglementation impose de préciser l'aléa au droit du projet :

- ✓ définition des caractéristiques lithologiques (classe de sol),
- ✓ évaluation du phénomène de liquéfaction,
- ✓ évaluation de l'effet topographique,
- ✓ évaluation des dangers potentiels de rupture, d'instabilité des pentes.

L'aléa sismique local ou microzonage défini par le PPRN précise l'aléa de la réglementation nationale :

- ✓ évaluation et de caractérisation des effets de site lithologiques[8] à travers la définition de zones sismiquement ou lithologiquement homogènes auxquelles sont associées des spectres de réponses spécifiques,
- ✓ définition des zones potentiellement liquéfiables,
- ✓ localisation des zones à effet topographique potentiel,
- ✓ définition des zones exposées à l'aléa mouvements de terrain (chutes de blocs…).

En absence de microzonage **Ouvrages « à risque normal »**	**En présence d'un microzonage (PPRN)** **Ouvrages « à risque normal »**
Classe de sol à évaluer	Evaluation de effets de site effectuée par le microzonage*
Spectres de réponse définis par la réglementation nationale à utiliser en cas d'utilisation des Eurocode 8 Exigences de la réglementation nationale (renforcement, dimensionnement) à respecter	Spectres de réponse spécifique définis dans le cadre du microzonage à utiliser en cas d'utilisation des Eurocode 8** Exigences de la réglementation nationale** (renforcement, dimensionnement) à respecter
Phénomène liquéfaction à évaluer Exigences de la réglementation nationale à respecter	Définition de zones potentiellement liquéfiables sur la commune par le microzonage* Phénomène de liquéfaction restreint à ces zones à évaluer** Dispositions réglementaires du PPRN et de la réglementation nationale à respecter**
Effet topographique à évaluer Prise en compte de l'effet topographique (majoration du mouvement sismique) en cas d'utilisation des Eurocodes 8	Localisation des zones à effet topographique potentiel par le microzonage** Effet topographique restreint à ces zones à évaluer** Prise en compte de l'effet topographique (majoration du mouvement sismique) en cas d'utilisation des Eurocodes 8**
Site de la construction pour déterminer la nature du terrain de fondation afin de s'assurer que les dangers potentiels de rupture, d'instabilité des pentes soient minimisés en cas d'agression sismique à évaluer	Evaluation et caractérisation des zones exposées aux mouvements de terrain par le microzonage (aucun aléa identifié par le CEREMA)* Aucune disposition réglementaire concernant l'aléa mouvements de terrain dans le PPRN

Tableau 1 : Intérêt et plus-value du microzonage

*étude réalisée dans le cadre du microzonage
**à effectuer par le pétitionnaire

Les dispositions du PPRN de Grans ne modifient par les règles parasismiques applicables définies par la réglementation nationale en vigueur (exigences, normes de construction parasismique à appliquer,…). Le PPRN précise l'aléa local et, en conséquence, les spectres de réponses spécifiques à prendre en compte pour un ouvrage « à risque normal ».

[8] Les classes de sol de la réglementation nationale sont remplacées par des colonnes de sol représentatives de la zone lithologique Zi.

II.4.b Historique du PPRN Séisme de terrain de Grans

En raison du classement de la commune en zone II de l'ancien zonage sismique[9] de la France (zone de sismicité la plus forte en métropole) et de la présomption de l'existence d'effets de site, il a été décidé par arrêté préfectoral du 9 décembre 1985, de prescrire sur tout le territoire de la commune de **Grans** l'établissement d'un Plan d'Exposition aux Risques (P.E.R) pour le risque sismique et inondation.

L'arrêté préfectorale du 10 mars 2016 a abrogé cet arrêté de prescription sur sa partie séisme (abrogation partielle) et a prescrit l'établissement d'un Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) Séisme sur la commune de Grans.

Le projet de Plan de Prévention des Risques séisme situé sur le territoire de Grans n'est pas soumis à évaluation environnementale (Article 1 de l'arrêté préfectoral n° CE-2015-63-13-28)

En 1986, des études techniques concernant les mouvements de terrain et le séisme ont été réalisées pour le compte de la Direction Départementale de l'Equipement des Bouches-du-Rhône (D.D.E., aujourd'hui DDTM) par le Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE Méditerranée, actuellement CEREMA) et le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) sur l'ensemble du territoire communal en vue de l'élaboration d'un Plan d'Exposition aux Risques (P.E.R.).

Ces études ont abouti à l'établissement d'un premier microzonage sismique sur la commune de Grans. Aucun aléa mouvements de terrain n'avait été détecté sur la commune de Grans.

Depuis 1986, l'évolution des connaissances scientifiques et techniques dans les domaines de la géologie et de la sismologie en général, a permis une meilleure appréciation du niveau de sismicité des failles, les méthodes d'évaluation des effets de site ont été développées et mieux caractérisées. La vulnérabilité des structures aux séismes a été prise en compte et des méthodes d'évaluation de ce paramètre ont été mises en œuvre dans différentes études techniques.

En 2004, la Direction Départementale de l'Equipement a demandé au CETE Méditerranée de mettre à jour les études de 1986. Dans le cadre de cette étude livrée en 2005, les données sur l'aléa sismique ont été revues et complétées. Un microzonage permettant d'évaluer l'aléa local a été réalisé et les spectres[10] de réponse élastique adaptés aux conditions de sites ont été définis. Cette actualisation a également permis la prise en compte du phénomène de liquéfaction.
Après l'entrée en vigueur du nouveau zonage sismique de la France et de nouvelles règles de construction parasismique (Eurocode 8) en mai 2011, la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM 13) a confié au CEREMA la mission de mettre en compatibilité le microzonage sismique défini en 2005 avec la nouvelle réglementation parasismique.

Dans le cadre de cette mission, l'étude de 2005 a été précisée. Cette mise à jour (livrée en 2015) a consisté en:

- ✓ une recherche des données géotechniques nouvelles depuis les études précédentes,
- ✓ la réalisation de mesures de bruit de fond en réseau en plusieurs points des zones lithologiques du microzonage afin de vérifier la pertinence des colonnes de sol proposées pour chaque zone,

[9] Ancien zonage sismique élaboré en 1985 et entré en vigueur avec le décret du 14 mai 1991
[10] Le spectre de réponse ou spectre de réponse élastique est un graphe utilisé par les ingénieurs pour caractériser le système de force (ou action sismique) qui s'applique à une structure (bâtiment par exemple) lors d'un séisme. Il est utilisé pour dimensionner les éléments structuraux d'un bâtiment.

- ✓ la définition de nouveaux spectres de réponse afin de tenir compte de la nouvelle réglementation parasismique nationale en vigueur depuis le 1er mai 2011,
- ✓ la réévaluation de l'aléa liquéfaction (intensité, étendue,…).

Une synthèse des résultats des études du CETE-CEREMA figure au chapitre IV.

Le dossier du P.P.R.N de Grans comprend:

- ✓ le présent rapport de présentation (pièce n° 1)
- ✓ le plan de zonage réglementaire (pièce n° 2)
- ✓ le règlement (pièce n° 3)
- ✓ les annexes (pièce n° 4) constituées par:
  - ✓ la carte des enjeux
  - ✓ la carte des aléas
  - ✓ des documents techniques dont les rapports d'études du CEREMA

    Rapport « Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques » - Novembre 2005

    Pièces annexes « Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques » - Novembre 2005

    Actualisation de l'étude de 2005 :

    Rapport « Mesure et traitement du bruit de fond en réseau à Salon-de-Provence et Pélissanne (13) » - Janvier 2014

    Rapport « Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques - Risques naturels sur les communes de Grans, Salon et Pelissanne» - Octobre 2014

    Rapport « Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques - Microzonage des communes de Grans, Salon et Pélissanne » - Octobre 2014

oOo

CHAPITRE III

PRESENTATION
DE LA COMMUNE DE GRANS

La Commune de Grans se trouve au Nord-Nord-Ouest du département des Bouches du Rhône. Elle appartient à l'Arrondissement d'Aix-en-Provence et fait partie, plus localement, du Canton de Salon-de-Provence-2. Elle appartient à la métropole Aix Marseille Provence qui regroupe 92 communes.

La commune de Grans appartient à la zone d'emploi Salon-de-Provence et est ainsi rattachée à l'Unité urbaine Salon-de-Provence qui fait elle-même partie du vaste Espace urbain Grand Delta Méditerranéen.

Sa superficie est de 27,6 km².

Population

Au recensement INSEE de la population de 2012, la population municipale était de 9 601 habitants. La commune a connu une forte progression démographique sur une longue période, passant de 3 505 habitants en 1968 à 9 601 en 2012. Dans le même temps, le nombre moyen d'occupants par résidence principale a diminué de 3,2 à 2,5.

	1968	1975	1982	1990	1999	2007	2012
Population	2 446	2 801	3 095	3 436	3 753	4 078	4 319
Densité moyenne (hab/km²)	88,6	101,5	112,1	124,5	136,0	147,8	156,5

Tableau 2 : Evolution de la population entre 1968 et 2012
Sources : Insee, RP1968 à 1999 dénombrements, RP2007 et RP2012 exploitations principales.

Logements

En terme de répartition sur la commune de Grans, les maisons ou habitations individuelles représentent 80,2% des logements. Le nombre d'appartement (immeuble collectif) est, quant à lui, de 383 en 2012 soit 18,9% des logements.

L'analyse de la chronique des dates d'achèvement des logements est intéressante vis-à-vis des informations qu'elle peut apporter sur l'application potentielle des règles parasismiques (PS) successives.

En effet, au regard de leur **période d'achèvement**, on peut retenir que seulement 28,0% des résidences principales sont postérieures à 1990, le parc de logement de la commune est majoritairement constitué de maisons individuelles.

Le pourcentage de bâtiments pour lesquels une conception et des règles de construction parasismique ont été appliquées, sur la commune de Grans, est donc plutôt faible sachant que la réglementation impose les premières règles de construction parasismique pour les bâtiments collectifs en 1981 et pour les maisons individuelles à partir du 1er juillet 1994.

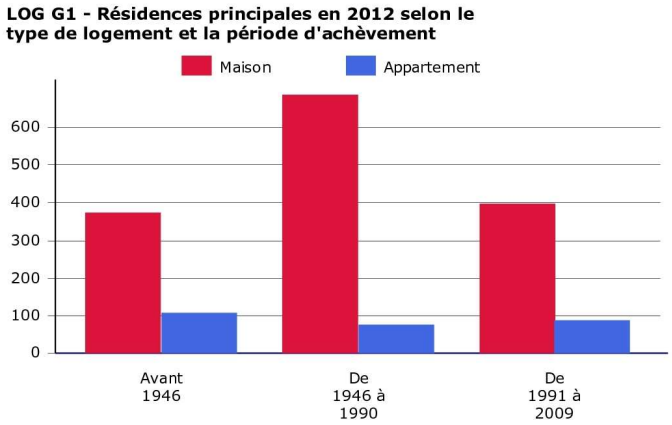


Illustration 13 : Résidences principales construites avant 2010 selon le type de logement et la période d'achèvement
Source : Insee, RP2012 exploitation principale

Equipements collectifs

Les principaux équipements collectifs présents sur le territoire communal sont classés selon leur importance stratégique au sens de la réglementation parasismique. Les bâtiments ayant un rôle dans l'organisation des secours et la gestion de crise relèvent de la catégorie d'importance IV à risque normal.

Pour les autres bâtiments identifiés, selon leur fonction et selon qu'ils peuvent accueillir simultanément plus ou moins 300 personnes environ[11], ils sont respectivement affectés à la catégorie d'importance II ou III des bâtiments « à risque normal ».

Nature
Crèche – Restaurant scolaire
Centre socio-culturel (P. Neruda)
Médiathèque
Ecole maternelle J. Prévert
Ecole primaire G. Brassens
Groupe éducatif socio-culturel (R. Hossein)
Maison de retraite
Mairie
Salle des fêtes (G. Philippe)
Services techniques
Eglise

Tableau 3 : Principaux équipements collectifs

L'ensemble de ces équipements collectifs est représenté sur la carte des enjeux (Annexe 4-2).

Réseau électrique

Plusieurs lignes de transport d'énergie électriques sont représentées sur le territoire de la commune, notamment une ligne de 225 Kv Rassuen – Roquerousse et deux lignes de 63 Kv (Miramas – Roquerousse, Mas-de-Gouin - Roquerousse dérivation Les-Aubes).

[11] A l'exception des bâtiments scolaires qui sont classés en catégorie III quels que soient leur capacité

Réseau de transport de gaz

Un gazoduc traverse la commune (Canalisation Ø 600 Artère de Provence). Le service gestionnaire est GRT GAZ - Région Rhône Méditerranée.

Réseau d'hydrocarbure

Pipeline de Fos à Manosque.

Réserve naturelle

Réserve naturelle volontaire du Domaine de la Poitevine.

Réseau de transport routier

Plusieurs routes départementales assurent la desserte de la commune: A54, N569, D113, D70A, D70E, D69, D19, D16…

Réseau ferré

Ligne Avignon - Miramas par Salon

Document de planification communal

La Commune dispose d'un Plan Local d'Urbanisme (PLU) approuvé le 19 décembre 2011.

oOo

CHAPITRE IV

EVALUATION
DES ALEAS SISMIQUE ET MOUVEMENTS DE TERRAIN
SUR LA COMMUNE DE GRANS

IV.1 Contexte physique, géographique et géomorphologique

IV.1.a Contexte Géographique

La commune de Grans se trouve au Nord-Nord-Ouest du département des Bouches-du-Rhône. Elle s'installe à l'extrémité orientale de la grande plaine de la Crau et comprend deux ensembles de relief au caractère légèrement différent.

- ✓ au Nord et à l'Ouest, la plaine de Crau proprement dite, particulièrement plane (70 m NGF d'altitude moyenne) ;
- ✓ au Sud, une zone de faibles reliefs, formant de petits plateaux, localement des buttes témoins.

Dans cette dernière zone, la Touloubre, une petite rivière, dessine des méandres situés en contrebas des plateaux (une dizaine de mètres de dénivelée). Ce cours d'eau traverse la commune d'Est en Ouest jusqu'en son centre, puis oblique vers le Sud – Sud-Est. Le village se situe au bord de la Touloubre.

IV.1.b Contexte Géologique

La région de GRANS s'inscrit dans un cadre géologique résultant d'une histoire complexe (plusieurs phases tectoniques), que l'on peut décrire à partir du jurassique terminal:

- ✓ sédimentation marine carbonatée pendant le Crétacé,
- ✓ mouvements Pyrénéo-Provençaux à l' Eocène, avec mise en place d'un grand chevauchement (front Nord-Provençal) dont le plan de contact anormal a été recoupé en sondage (Eguilles 1). La masse chevauchante s'est déplacée du Sud vers le Nord,
- ✓ phase de distension à l'Oligocène, avec sédimentation de matériel détritique puis carbonaté dans des bassins continentaux,
- ✓ premiers mouvements "alpins fin-Oligocène",
- ✓ sédimentation marine épicontinentale, avec une phase terminale lacustre, au Miocène. Cette sédimentation se fait dans des bassins relativement indépendants les uns des

autres. Ces bassins sont discordants soit, sur les calcaires crétacés, soit sur les bassins oligocènes.

- ✓ mouvements alpins post Miocène, provoquant les chevauchements de la chaîne des Costes vers le Sud (faille de la Trévaresse).

Bien que n'étant pas reconnue sur la commune de Grans on citera la faille de la Trévaresse située plus à l'est, sur la commune de Lambesc et la structure anticlinale qui lui est associée (pli de la Trévaresse). Cet accident géologique a été identifié et cartographié bien que son tracé exact présente encore quelques imprécisions. Il affecte essentiellement des formations calcaires, gréseuses voire marneuses de l'Oligocène et du Miocène.

Dans son étude, le CEREMA a considéré cette faille comme étant à l'origine du séisme de 1909.

IV.1.c Contexte Géotechnique

Une recherche dans les archives du CETE Méditerrannée (à présent CEREMA DTer Med) ainsi que dans la banque de données du sous-sol (BSS, http://infoterre.brgm.fr) gérée par le BRGM a permis au CEREMA/Dter Med d'obtenir près de 150 sondages sur les communes de Salon de Provence, Grans et Pélissanne. Cependant, la plupart de ces sondages ne comportent pas d'essai géotechnique. Ils permettent toutefois de connaître la nature et l'épaisseur des niveaux quaternaires et ont permis une mise à jour de certaines caractéristiques mécaniques des matériaux données dans le PER de 1986.

Limons argileux	2 < E < 15 MPa 0,3 < Pl < 0,6 MPa
Molasse miocène	100 < E < 150 MPa Pl > 3,5 MPa
Cailloutis	E > 20 MPa Pl > 2,5 MPa

Tableau 4 : Nature et épaisseur des niveaux quaternaires
E: module pressiométrique Pl: Pression limite

Une nouvelle recherche effectuée lors de l'actualisation de l'étude (2015) n'a pas permis de trouver des sondages plus récents pertinents dans le cadre de l'étude.

Pour réaliser la carte de microzonage sismique des effets de site, les caractéristiques mécaniques retenues pour les différentes formations ont été évaluées sur la base de ces sondages et par analogie avec des terrains équivalents connus dans la région. Les données géotechniques nécessaires au microzonage sismique sont résumées dans le tableau 5 ci-après.

NATURE	**MASSE VOLUMIQUE g/cm3**	**VITESSE DES ONDES - S km/s**	**FA CTEUR DE QUALITE - Q**
Alluvions et Cailloutis récents (Fz, Rz)	1,8	0,1 -0,3	30
Alluvions anciennes et Eboulis (E,Fy)	2,0	0,5 -0,8	50
Molasses calcaires (m2d - m2b)	2,0	1,2	70
Molasses gréseuse et Marnes sableuses (m2c. m2a2 - m2e)	2,0	0,8	40
Calcaires (n4U - n3 a-b-c) nI - n2 - j91)	2,4	2,5	100

Tableau 5 : Caractéristiques géotechniques moyennes des principales formations lithologiques présentes sur les communes de Grans, Salon-de-provence et Pélissanne

La connaissance des caractéristiques mécaniques des formations géologiques reconnues sur le territoire de Grans a contribué à évaluer la réponse sismique de ces dernières.

IV.1.d Contexte hydrogéologique

L'étude technique du CEREMA indique que :

Les cailloutis de Crau présentent une bonne perméabilité, ils sont exploités localement pour l'alimentation en eau potable.

La molasse tortonienne, ainsi que le sommet de l'Helvétien sont situés au-dessus du niveau de base hydrogéologique imposé par la Touloubre et ne sont donc pas aquifères.

Les terrains de l'Helvétien ont des caractéristiques hydrodynamiques variables tant verticalement que latéralement, les variations de faciès étant importantes. Dans les terrains les plus aquifères, (molasses, quelques niveaux sableux), la perméabilité est cependant relativement faible, juste suffisante pour l'alimentation individuelle.

Les calcaires crétacés et jurassiques doivent être le lieu de circulation profonde dans un karst développé. Les caractéristiques de ce système karstique sont peu connus (peu de forages ayant exploré ces niveaux).

IV.2 Evaluation et caractérisation des aléas sismique et mouvements de terrain sur le territoire communal

L'étude du CEREMA indique que le séisme le plus fort recensé à Grans est celui du 11 juin 1909 dont l'épicentre se situe à proximité de Lambesc. Ce tremblement de terre[12], qui atteignit l'intensité IX à Lambesc, est à l'origine de nombreuses victimes (46 morts, 250 blessés graves, des centaines de sans-abri) et de sérieux dommages. Ce séisme, de magnitude Ms estimée à 6 environ, a été mis en relation par diverses études à la faille de la Trévaresse.

Un aléa local dit « microzonage » a été défini par le CEREMA dans le cadre de l'élaboration du présent PPRN. Ce microzonage a permis de prendre en compte les effets de site lithologiques et topographiques[13] locaux (effets directs) sur les réponses sismiques (amplification) des sols.

L'objectif du microzonage est de fournir aux bureaux d'études et aux Maîtres d'ouvrages, des paramètres de mouvements du sol propres à la zone étudiée, qui peuvent s'avérer plus adaptés que ceux imposés par les règles nationales.

L'aléa liquéfaction (effet induit) ainsi que les zones à effet topographique potentiel présents sur le territoire communal ont également été identifiés et caractérisés. Aucun aléa mouvements de terrain (effet induit) n'a été identifié par le microzonage sur le territoire communal.

L'étude complète et détaillée du CEREMA est consultable en annexe 4-13.

IV.2.a Définition des zones lithologiquement (ou sismiquement) homogènes

Le microzonage a notamment permis la définition de zones sismiquement homogènes en fonction de la nature (lithologie) et des caractéristiques des sols. En effet, l'évaluation de l'aléa sismique local (microzonage) a pour principal objectif la définition des zones qui présentent une réponse sismique particulière et homogène par rapport aux sites purement rocheux.

Détermination des zones lithologiquement homogènes

La méthode utilisée par le CEREMA se base sur une approche expérimentale (mesures de bruit de fond[14]), une approche numérique et une approche empirique.

La méthode de mesures du bruit de fond[15] est basée sur l'enregistrement, par des capteurs, du bruit ambiant se propageant dans le sol. L'analyse et le traitement de la réponse[16] de ce bruit de fond permettent d'identifier les sites présentant des risques d'amplification sismique par extrapolation au résultat sous séisme.

[12] Pour en savoir plus sur le séisme de Lambesc, se reporter à l'Annexe 4-11
[13] Pour plus d'information sur les effets de site se reporter au paragraphe II.2
[14] Le bruit de fond est une vibration mécanique de faible amplitude généré par l'activité naturelle et humaine
[15] La méthode est détaillée dans le rapport technique du CEREMA « Etudes préalables à l'établissement du PPRS – Microzonage des communes de Grans, Salon et Pélissanne » joint en annexe 4-14
[16] Les courbes de mesures obtenues après traitement présentant un pic à une fréquence Fo appelée « fréquence de résonance » du site montrent la présence d'effet de site local. Les points de mesure et les éventuelles fréquences de résonance sont reportés sur l'illustration 14

La corrélation entre la lithologie et les mesures de bruit de fond réalisées a conduit le CEREMA à découper la commune en quatre zones sismiquement homogènes. Ces zones comprennent la zone rocheuse et les zones présentant des effets de site lithologiques :

- ✓ **Z1 Rocher**
- ✓ **Z2 : Sol raide**
- ✓ **Z4 Alluvions de la Touloubre**

Remarque : l'absence de zone Z3 dans le découpage en zones lithologiquement homogènes s'explique par le fait que l'étude a été menée conjointement sur les communes de Pélissanne, Grans, et Salon.

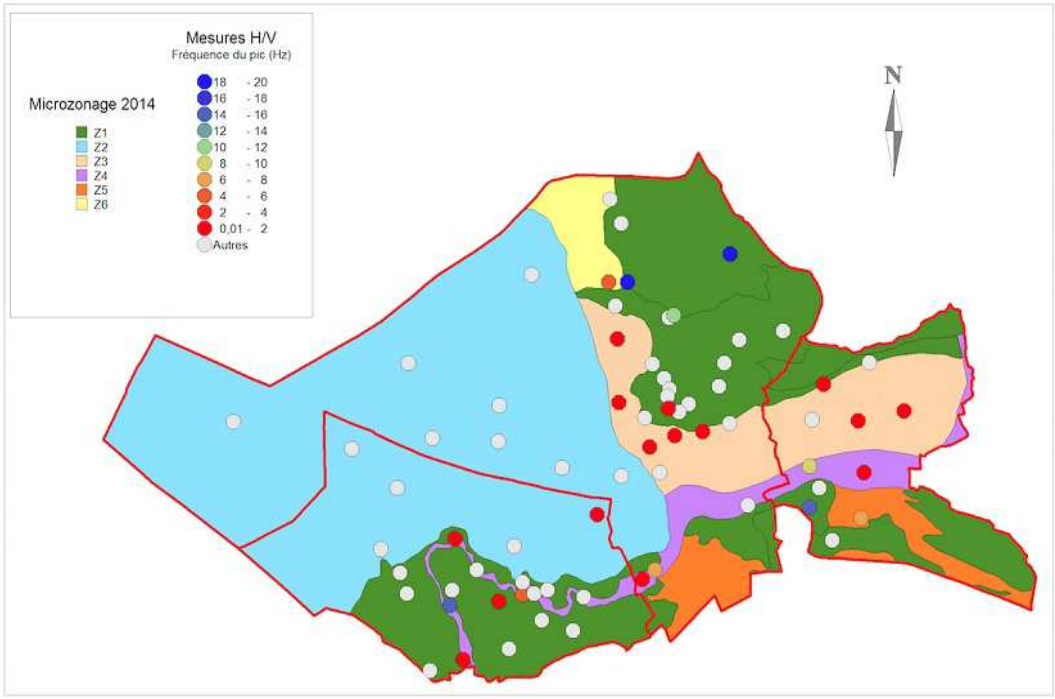


Illustration 14 : zonage lithologique et mesures de bruit de fond réalisées sur les communes de Pélissanne, Grans et Salon par le CEREMA

IV.2.b Evaluation locale des mouvements sismiques – Spectres de réponse spécifiques

Afin de prendre en compte les effets de site lithologiques, la réglementation parasismique nationale (norme NF EN 1998-1 – Eurocode 8) distingue sept classes de sol différentes (A, B, C, D, E, S1 et S2) du sol rocheux A aux sols présentant des effets de site lithologiques (B, C, D, E, S1, S2). A chacune de ces classes de sol est associé un spectre de réponse par ladite norme.

Le spectre de réponse[17] permet de déterminer, selon les fréquences caractéristiques des bâtiments et des équipements, l'accélération (et donc la force) maximale à laquelle ils seraient soumis en cas de séisme (de période de retour de 475 ans). Les structures devront être dimensionnées afin de résister à cette accélération.

[17] Pour en savoir plus sur les spectres de réponses élastiques, se reporter à l'Annexe 4-3

Le spectre de réponse élastique à 5% proposé par le CEREMA associé au **sol rocheux (zone Z1)** est celui de l'aléa régional[18] (sol de classe A) défini par la réglementation nationale.

Evaluation des spectres spécifiques de réponse élastique des zones à effets de site lithologiques

Une (ou plusieurs) colonne de sol représentative (nature, épaisseur, age…) a été définie pour chacune des zones à effets de site lithologiques. A partir de la définition de ces colonnes et de leurs caractéristiques physiques, une simulation numérique a permis au CEREMA de déterminer un spectre de réponse.

A chacune des zones (Z2 et Z4) à effets de site lithologiques est donc associé un spectre de réponse spécifique. Ces spectres spécifiques se substituent aux spectres définis par la réglementation nationale.

Ces spectres de réponse issus du microzonage s'adressent aux aménageurs, ingénieurs structure, architectes. Ces spectres spécifiques, consultables en annexe 4-3, devront être utilisés pour la conception des ouvrages « à risque normal » (bâtiments, ponts…) par ces derniers. Ces spectres de réponse spécifiques sont représentés pour un ouvrage de catégorie d'importance II (risque normal).

IV.2.c Evaluation locale et prise en compte des effets de site topographiques

La prise en compte des effets de site topographiques dans le calcul de l'agression sismique reste relativement aisée[19], tout en requérant une géométrie suffisamment fiable du relief.

L'objectif de l'étude d'aléa n'a pas été de quantifier précisément les effets de site topographiques mais de cartographier les zones susceptibles de présenter cet effet (Plan de zonage réglementaire, Annexe 4-1 Carte des aléas).

En l'absence de données topographiques numériques suffisamment précises, la carte IGN au 1/25 000ème a été utilisée pour définir les secteurs exposés aux effets de site topographiques sur la commune.

Les effets de site topographiques ont été négligés pour des variations de pente inférieures à 22° et les zones exposées à ce phénomène (pentes supérieures à 22°) ont été repérées sur la carte d'aléas et sur le Plan de zonage réglementaire.

La géométrie de la commune de Grans ne présente que très peu de reliefs. Une légère amplification peut être attendu localement sur les crêtes des contreforts du sillon de la Touloubre.

La procédure suivie permet d'apprécier les zones d'amplification probable. Ces zones n'ont qu'une valeur informative et ne se substituent pas à une évaluation propre au site de construction dont la topographie finale peut évoluer par rapport à la topographie naturelle des lieux (prise en compte des éventuels travaux de terrassement nécessaires à la réalisation d'un projet).

[18] On distingue généralement l'aléa dit « régional », qui représente le niveau d'aléa pour un sol dur (ou « au rocher ») sans topographie marquée, et l'aléa dit « local » qui prend en compte les modulations des mouvements du sol liés aux « effets de site » ainsi que les « effets induits ».

[19] Multiplication de l'ordonnée du spectre de réponse par un coefficient d'amplification topographique

La procédure d'évaluation des effets topographiques réalisée dans le cadre des études préalables au présent PPRN n'est pas assez précise pour évaluer le coefficient d'amplification associé qui devra être déterminé, si nécessaire, par le maître d'ouvrage.

IV.2.d Evaluation locale et prise en compte de l'aléa liquéfaction sous séisme

Afin d'affiner la connaissance des sols présents au droit de la commune de Grans, plusieurs études géotechniques (principalement routières) ont été analysées.

L'aléa liquéfaction n'a pu strictement être écarté que par un critère géologique. Ainsi, le CEREMA a considéré que les roches et les sols purement cohérents ne présentent pas d'aléa liquéfaction. A ces formations a été attribué un aléa « nul ».

Procédure de qualification de l'aléa

Si des données géotechniques existent, si les caractéristiques lithologiques ou géotechniques d'une formation permettent d'identifier, de manière justifiée, une faible probabilité de liquéfaction, l'aléa est alors qualifié de « faible ».

En revanche, conformément à la norme Eurocode 8, si pour une formation géologique donnée, une majorité de sondages in situ mettent en évidence un aléa liquéfaction, alors le niveau d'aléa est qualifié d'«élevé» sur l'ensemble de l'affleurement de la formation. A l'inverse, dans le cas où les sondages identifiant la formation comme liquéfiable constituent une minorité, alors l'aléa est qualifié de « modéré ».

Mise en œuvre de la procédure de qualification sur le territoire communal

Considérant la lithologie des faciès présents sur la commune, la formation qui pourrait présenter a priori un aléa de liquéfaction est la suivante :

- ✓ Les alluvions modernes du Quaternaire (Fz),

Les autres formations ont été écartées.

Par ailleurs, la seule source bibliographique permettant d'apprécier complémentairement l'aléa à la liquéfaction des sols sur la zone d'étude, est l'étude de la liaison routière Salon-Fos qui traverse les communes de Salon et de Grans. Cette étude a recoupé l'ensemble des formations géologiques.

L'analyse des résultats de cette étude de tracé routier qui comportait de nombreux sondages et essais d'identification a permis de montrer que, sur la zone d'étude :

- ✓ Un niveau de sable et gravier liquéfiable, situé entre 5.50 et 6.00 m de profondeur, a été rencontré dans un sondage carotté réalisé dans les alluvions Fz de la Touloubre.

Il en résulte que la formation retenue comme susceptible d'être liquéfiable dans le cadre du PPRN de la commune de Grans est la suivante :

- ✓ Les alluvions modernes du Quaternaire (Fz), => **Aléa modéré**

Dans le cadre du PPRN, le CEREMA propose les implications réglementaires suivantes:

- ✓ si la susceptibilité à la liquéfaction est non nulle, il convient de mener une étude spécifique à l'échelle du projet, avec réalisation d'investigations conformément aux exigences de la norme NF EN 1998-5,
- ✓ si la susceptibilité à la liquéfaction est considérée comme nulle, aucune investigation relative à la susceptibilité de liquéfaction n'est nécessaire.

IV.2.e Evaluation locale et prise en compte de l'aléa mouvements de terrain sous séisme

Aucun aléa mouvements de terrain (chutes de blocs, glissement de terrain…) n'a été identifié par le CEREMA sur le territoire communal

IV.3 Le croisement des aléas

La carte d'aléa est établie, en prenant en compte les différentes mises à jour réalisées lors des études techniques des aléas. Elle est le résultat du croisement des différents aléas (effets de site et effets induits)

L'aléa 'sismique' est défini par les spectres de réponse spécifiques à chaque type de sol (zones Z1, Z2 et Z4). Ces spectres sont valables pour un ouvrage courant (risque normal, catégorie d'importance II). Pour les bâtiments ou ouvrages de catégorie I, III et IV (risque normal), il faut appliquer à ces spectres un coefficient multiplicatif donné par la réglementation en vigueur au moment du dépôt du permis de construire

L'aléa 'liquéfaction' est caractérisé par deux niveaux : nul ou considéré comme négligeable (non représenté sur la carte des aléas), modéré (L).

Aléas : Séisme et liquéfaction	
Effets de site (Zi)	
Liquéfaction nulle	**Liquéfaction modérée**
Zi	Zi-L

Tableau 6: Définition des aléas

Effets de site : Les différentes zones lithologiques sont notées **Zi** (Zi = Z1, Z2 et Z4)

Aléa liquéfaction **L**: modéré

La carte des aléas ainsi dressée représente les phénomènes décrits dans le tableau 6 ci-avant.

L'aléa sismique est cartographié à l'échelle du 1/10 000 sur l'ensemble du territoire communal conjointement avec les aléas liquéfaction, effet topographique potentiel (Plan de zonage réglementaire, Annexe 4-1 Carte des aléas).

L'attention du lecteur est attirée sur les inévitables marges d'incertitudes qui entachent les limites de zones. Ces marges d'incertitude relèvent autant des méthodes utilisées que des échelles des documents pris en compte dans l'élaboration du présent Plan de Prévention des Risques (PPRN).

IV.4 La définition des enjeux

Les enjeux d'aménagement traduisent le mode d'occupation du sol (Carte des enjeux, Annexe 4-2), ils comprennent deux classes:

- ✓ les espaces urbanisés (appréciation au regard de l'urbanisation existante)
- ✓ les espaces non urbanisées composés des :
  - ✓ zones agricoles,
  - ✓ zones à protéger (naturelles et forestières).

Par simplification, dans le cas de Grans :

- ✓ les **zones urbanisées** correspondent aux zones classées **U** au Plan Local d'Urbanisme (PLU) de la commune (zones d'habitation et zones d'activités),
- ✓ les **zones non urbanisées** correspondent aux zones classées **AU** (zones à urbanisation future), **A** (zones agricoles) et **N** (zones naturelles et forestières).

Le territoire communal est en partie exposé à un aléa modéré de liquéfaction au droit des alluvions de la Touloubre. Cet aléa affecte une partie de la zone urbanisée ainsi que une partie des zones naturelles et agricoles.

Les 3 zones lithologiques Z1, Z2 et Z4 définies sur la commune ont été identifiées au niveau de la zone urbanisée.

La distinction entre zones urbanisées et zones non urbanisées permet de superposer la carte des aléas et celle des enjeux qui conduit, par croisement, à la définition du plan de zonage réglementaire (chapitre V suivant).

oOo

CHAPITRE V

LE ZONAGE DU PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS

Les principes généraux de la délimitation des zones réglementaires (plan de zonage) reposent sur le croisement de la carte des aléas et de celle des enjeux actuels.

- ✓ Le plan de zonage ne comprend pas de zone rouge en raison de l'absence de zones d'aléa mouvements de terrain mais des zones **constructibles sous conditions, dites bleues**. Ce sont des zones:
  - ✓ où doivent être appliquées les règles de construction parasismique
  - ✓ où l'effet induit de liquéfaction est qualifié de nul ou modéré,

Conformément aux préconisations nationales, la détermination du zonage est réalisée à partir du croisement des cartes d'aléa et des enjeux. Le principe général est décrit dans les deux tableaux ci-après :

Principe de réglementation pour l'aléa liquéfaction

		Enjeux
Aléa Liquéfaction	**Mesures de prévention et dispositions constructives**	**Espaces urbanisés ou non urbanisés**
Faible à Moyen	Application de la réglementation (Eurocode 8)	Constructibles sous conditions pour les bâtiments de catégorie d'importance II, II et IV

Tableau 7 : Principes de réglementation pour la liquéfaction

Aléas induits par le phénomène sismique dans le cas de la commune de Grans

- ✓ l'aléa liquéfaction, de niveau négligeable à moyen, ne justifie pas d'inconstructibilité quel que soit l'enjeu,

V.1 Définition du zonage

Ainsi en application de l'article L 562-1 du Code de l'Environnement, le territoire de la commune est divisé en zones bleues (absence de zones rouges) :

- ✓ Les zones bleues (**B1** à **B2**) sont exposées aux risques:
  - ✓ séisme (**B1-(Zi)**),
  - ✓ séisme et liquéfaction de niveau modéré ().

Remarque : Zi = Z1, Z2, Z4

Le plan de zonage du Plan de Prévention des Risques (PPRN) de Grans, cartographié à l'échelle du 1/10 000, est établi à partir du croisement des différents aléas sismiques (zone Z1 et zones à effets de site (Z2 et Z4), liquéfaction) et des enjeux**.**

En raison de l'absence de zone d'aléa « mouvements de terrain », ce croisement se réduit à celui des aléas (Tableau 8).

Aléas : Séisme et liquéfaction	
Effets de site (Zi)	
Liquéfaction nulle	**Liquéfaction modérée**
B1-(Zi)	B2-(Zi)

Tableau 8 : Détermination des zones du plan de zonage de Grans

Chaque zone (**B1**, **B2**) est référencée par deux lettres majuscules et deux indices :

- ✓ la lettre majuscule (B) correspond au niveau de contraintes à appliquer, dans le cas présent : faible,
- ✓ le premier indice (1 à 2) distingue les zones B en fonction du niveau de l'aléa liquéfaction,
- ✓ la deuxième lettre (Z) et le deuxième indice entre parenthèses (Zi) indiquent la zone lithologique.

Le règlement du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) précise les mesures associées au zonage pour les **projets nouveaux**, déclinés suivant les zones rouges ou bleues.
Par ailleurs, le plan de zonage et le règlement permettent de définir des mesures spécifiques sur l'**existant** et des **mesures de prévention de protection et de sauvegarde**.

V.2 Principe réglementaire pour les projets neufs

Est assimilé à **un projet** « toutes occupation et utilisation du sol, tous travaux, tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle de quelque nature qu'ils soient ». Ainsi les projets d'extension, de changement de destination ou de reconstruction de biens existants après sinistre sont, comme tout projet nécessitant une déclaration de travaux ou l'obtention préalable d'un permis de construire, réglementées au titre des projets.

Concernant le risque sismique, les mesures réglementaires répondent à des objectifs de sécurité pour la catégorie des constructions "à risque normal". Ils consistent essentiellement en une protection statistique visant le non-effondrement des bâtiments et la sauvegarde des vies humaines en cas de survenance du séisme d'intensité maximale probable pour la région considérée. Cela n'implique pas que la fonctionnalité soit préservée ou que le bâtiment demeure utilisable après réparations. Pour les bâtiments recevant du public ou intervenant dans la gestion de crise, le niveau de protection est relevé, de façon à préserver la fonctionnalité de ces bâtiments indispensables pendant et après la crise.

Pour rappel, des spectres de réponse spécifiques (annexe 4-3) sont définis selon la zone lithologique (Z1, Z2 et Z4). Ces spectres sont valables pour un ouvrage courant (risque normal, catégorie d'importance II).

en zones bleues

Dans les zones bleues **B1** et **B2**, les constructions sont autorisées à condition de respecter la réglementation parasismique (avec application des spectres de réponse spécifiques à chaque zone Zi définis en annexe).

V.3 Mesures sur les biens et activités existants

En raison de l'absence d'aléa mouvements de terrain identifié par el CEREMA sur la commune, aucune mesure n'a été prescrite pour les biens et activités existants. Cependant, des mesures ont été recommandées pour le risque sismique.

V.4 Mesures de prévention de protection et de sauvegarde

Les mesures de prévention de protection et de sauvegarde sont des mesures d'ensemble que doivent prendre particuliers, gestionnaires de réseaux ou d'établissements et les mesures collectives de la compétence d'un maître d'ouvrage public.

La mise en œuvre de prévention, de protection et de sauvegarde peut être rendue obligatoire immédiatement après approbation jusqu'à un délai pouvant atteindre 5 ans.

Synthèse des études et attestations exigées par le règlement du présent PPRN (zones bleues) pour les projets :

	Évaluation de l'aléa liquéfaction Zones **B2** (Étude + attestation)	Évaluation de l'effet topographique
Bâtiment de Catégorie I	**NON**	**NON**
Utilisation des PS-MI (avec condition d'application desdites règles respectées)	**OUI**	**NON**
Utilisation des Eurocode 8	**OUI**	**OUI**

Tableau 9: Synthèse des études et attestations exigées

oOo

CHAPITRE VI

LA SECURITE CIVILE ET LA SOLIDARITE

VI.1 Mesures de sécurité civile

Le nouveau dispositif **ORSEC**, issu de la loi n°2004-811 du 13 août 2004 de modernisation de la sécurité civile (Art. 13 à 29) et de son décret n° 2005-1157 du 13 septembre 2005 relatif au plan ORSEC sur "l'organisation des secours dans le cadre départemental en cas de sinistre", devient l'élément fondateur du dispositif global d'organisation inter-services permettant de faire face à tous les types d'évènements majeurs. Le recours à cet instrument progressif développe une pratique modernisée de la gestion des situations d'urgence permettant aux autorités publiques d'adapter de façon souple la réponse collective aux attentes de la population.

L'objectif de cette réforme du dispositif ORSEC est également de permettre une meilleure culture sécurité civile de l'ensemble des acteurs pour améliorer la réactivité en cas d'événements majeurs. Le nouveau plan ORSEC s'appuie sur trois niveaux territoriaux : les départements, les zones de défense et les zones maritimes.

VI.2 Solidarité et obligations

L'indemnisation des victimes des catastrophes naturelles

La Loi du 13 juillet 1982 relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles repose sur deux principes fondamentaux:

la solidarité

Il s'agit d'une garantie obligatoire figurant automatiquement dans les contrats d'assurance garantissant les dommages directs aux biens situés en France, aux corps de véhicules terrestres à moteurs ainsi que les pertes d'exploitation couvertes par ces contrats.

L'adjonction de cette couverture aux contrats d'assurance est accompagnée de la perception d'une prime ou cotisation additionnelle individualisée dans l'avis d'échéance du contrat et calculée à partir d'un taux unique défini par arrêté pour chaque catégorie de contrat.

la prévention des dommages par la responsabilisation des intéressés

En contrepartie de la garantie offerte au titre de la solidarité, les personnes concernées par l'éventualité d'une catastrophe naturelle ont la responsabilité de mettre en oeuvre certaines mesures de prévention.

Sujétions applicables aux particuliers

Les particuliers sont soumis à différentes sujétions:

- ✓ ils doivent d'abord se conformer aux règles de prévention exposées dans le règlement du Plan de Prévention des Risques,
- ✓ ils doivent ensuite s'assurer, auprès de leur compagnie d'assurance, de la couverture des risques naturels potentiels dont ils peuvent être victimes. Ce contrat d'assurance permet, dès lors que l'état de catastrophe naturelle est constaté, de bénéficier de l'indemnisation prévue par la loi n° 82-600 du 13 Juillet 1982 modifiée, relative à l'indemnisation des victimes de catastrophes naturelles (Art. L.125-1 à L.125-6 du Code des Assurances).

  La déclaration de catastrophe naturelle est prononcée par arrêté interministériel au vu de dossiers établis par les communes selon des modèles types et après avis des services compétents (notamment service de la météo) et celui d'une commission interministérielle.

  A compter de la date de publication de cet arrêté au Journal Officiel, les particuliers disposent de 10 jours pour saisir leur compagnie d'assurance,
- ✓ enfin, ils ont la charge, en tant que citoyen, d'informer les autorités administratives territorialement compétentes (Maire, Préfet) des risques dont ils ont connaissance.

Les financements par le fonds de prévention des risques naturels majeurs

L'existence d'un PPR prescrit ou approuvé sur une commune peut ouvrir le droit à des financements de l'Etat au titre du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM – circulaire du 23 avril 2007), créé par la loi du 2 février 1995 dite loi Barnier. Ce fonds a vocation à assurer la sécurité des personnes et à réduire les dommages aux biens exposés à un risque naturel majeur.

Le PPRN permet un accès privilégié à certaines subventions du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM ou fonds Barnier), en particulier pour ce qui concerne les opérations suivantes :

- ✓ études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés aux personnes publics et morales par un PPRN,
- ✓ études et travaux de prévention des collectivités territoriales,
- ✓ mesures d'acquisition de biens exposés ou sinistrés, lorsque les vies humaines sont menacées (acquisitions amiables, évacuation temporaire et relogement, expropriations dans les cas extrêmes)
- ✓ actions d'information préventive sur les risques majeurs.

Le dossier de demande de subvention à renseigner pour les études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés aux biens et activités existants par le présent PPR figure dans l'annexe 4-11.

oOo

CHAPITRE VII

LA PORTEE ET LES EFFETS DU P.P.RN

VII.1 PPRN et urbanisme

Le P.P.R.N vaut servitude d'utilité publique (Art. L. 562-4 du Code de l'Environnement). A ce titre, il doit être annexé au Plan Local d'Urbanisme (P.L.U), conformément à l'article L. 126.1 du Code de l'Urbanisme.

Dans tout le périmètre du P.P.R.N, les dispositions du règlement s'imposent en supplément des règles définies au P.L.U. C'est le texte le plus contraignant qui prévaut.

D'une manière générale, il appartient aux communes et Etablissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) compétents de prendre en compte ces disposions pour les intégrer dans leurs politiques d'aménagement du territoire.

Le non-respect de ces dispositions peut se traduire par des sanctions au titre du Code de l'Urbanisme, du Code Pénal ou du Code des Assurances.

VII.2 Pouvoir de police du Préfet et du Maire

Pouvoir de police du Préfet

En vertu de l'article L. 2215-1 du Code Général des Collectivités Territoriales (C.G.C.T.), le préfet dispose d'un pouvoir de police générale propre ainsi que d'un pouvoir de substitution en cas de carence du maire dans l'exercice de ses pouvoirs de police.

Pouvoir de police du Maire

En application de l'article L. 2212-2 5 du Code Général des Collectivités Territoriales, le maire a l'obligation de prendre les mesures nécessaires afin de prévenir, par des précautions convenables, et de faire cesser, par la distribution des secours nécessaires, les accidents et fléaux calamiteux tels que les inondations, ruptures de digues, éboulement de terre ou de rochers, avalanches, etc.

La première obligation pesant sur le maire concerne la signalisation des risques naturels connus ou prévisibles. En effet, s'il n'existe pas pour la commune d'obligation permanente et généralisée de signaler les risques, le maire a néanmoins le devoir de signaler les dangers particuliers auxquels les administrés peuvent se trouver exposés (mouvements de terrain, inondation,…).

Les travaux de prévention constituent le second type de mesures devant être utilisées par le maire afin d'atténuer ou de prévenir les effets d'un accident naturel.

VII.3 PPRN et sanctions administratives

Lorsqu'en application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement, le préfet a rendu obligatoire la réalisation de mesures de prévention, de protection et de sauvegarde et des mesures relatives aux biens et activités existants , et que les personnes auxquelles incombait la réalisation de ces mesures ne s'y sont pas conformées dans le délai prescrit, le préfet peut, après une mise en demeure restée sans effet, ordonner la réalisation de ces mesures aux frais du propriétaire, de l'exploitant ou de l'utilisateur concerné.

VII.4 PPRN et assurances

Le régime d'indemnisation des catastrophes naturelles constitue un système assurantiel encadré par l'Etat dont le champ d'application est défini aux articles L. 125-1 et suivants du Code de l'Urbanisme.

Le respect des dispositions du P.P.R.N conditionne la possibilité pour l'assuré de bénéficier de la réparation des dommages matériels directement occasionnés par l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque l'état de catastrophe naturelle sera constaté par arrêté interministériel.
En effet, lors de la conclusion initiale ou du renouvellement du contrat, l'obligation de garantie contre les effets des catastrophes naturelles ne s'impose pas aux entreprises d'assurance dans les terrains classés inconstructibles par un Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles approuvé à l'exception, toutefois, des biens et des activités existants antérieurement à la publication de ce plan et à l'égard des biens immobiliers construits et des activités exercées en violation des règles administratives en vigueur lors de leur mise en place et tendant à prévenir les dommages causés par une catastrophe naturelle (notamment les prescriptions d'un PPRN).

Les biens et activités implantés antérieurement à la publication de ce plan continuent de bénéficier du régime général de garantie prévu par la loi, à condition que le propriétaire ou l'exploitant se conforme au présent règlement (Art. L. 125-6 du Code des Assurances) dans un **délai maximal de 5 ans**. L'assureur peut solliciter des abattements spéciaux sur les indemnités à verser (augmentation de la franchise applicable) pour des biens dont les propriétaires ou les exploitants ne se sont pas conformés dans **un délai de cinq ans** aux mesures de réduction de la vulnérabilité prescrites par un P.P.R approuvé. Ces mesures dérogatoires font l'objet d'une décision du bureau central de tarification (B.C.T.), autorité administrative indépendante.

Le préfet et le président de la caisse centrale de réassurance peuvent également saisir le B.C.T. en vue de l'application d'abattements spéciaux lorsqu'ils estiment que les conditions dans lesquels un bien ou une activité bénéficie de la garantie catastrophe naturelle sont injustifiées eu égard au comportement de l'assuré ou à l'absence de mesures de précaution destinées à réduire la vulnérabilité du bien ou de l'activité.

Lors de la mise en jeu de la garantie catastrophe naturelle, une franchise contractuelle s'applique.

Dans une commune non dotée d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles pour le risque faisant l'objet d'un arrêté portant constatation de l'état de catastrophe naturelle, la franchise est modulée en fonction du nombre d'arrêtés pris pour le même risque à compter du 2 février 1995, selon les modalités suivantes :

- ✓ premier et second arrêté : application de la franchise ;
- ✓ troisième arrêté : doublement de la franchise applicable ;

- ✓ quatrième arrêté : triplement de la franchise applicable ;
- ✓ cinquième arrêté et arrêtés suivants : quadruplement de la franchise applicable.

Cette modulation cesse de s'appliquer à compter de la prescription d'un plan de prévention des risques naturels prévisibles pour le risque faisant l'objet de l'arrêté portant constatation de l'état de catastrophe naturelle dans la commune concernée. Elles reprennent leurs effets en l'absence d'approbation du plan précité dans le délai de cinq ans à compter de la date de prise de l'arrêté ayant prescrit le plan. (Annexe I Art. A. 125-1 Codes des Assurances)

En cas de refus d'assurance par au moins une société d'assurance au motif que le risque de catastrophe naturel serait trop important, l'assuré peut saisir le Bureau Central de Tarification, qui impose à l'entreprise d'assurance concernée de le garantir contre les effets des catastrophes naturelles. Lorsque le risque présente une importance ou des caractéristiques particulières, le Bureau Central de Tarification peut demander à l'assuré de lui présenter, dans les mêmes conditions, un ou plusieurs autres assureurs afin de répartir le risque entre eux.

Toute entreprise d'assurance ayant maintenu son refus de garantir un assuré dans les conditions fixées par le bureau central de tarification est considérée comme ne fonctionnant plus conformément à la réglementation en vigueur et encourt le retrait de l'agrément administratif.

Est nulle toute clause des traités de réassurance tendant à exclure le risque de catastrophe naturelle de la garantie de réassurance en raison des conditions d'assurance fixées par le bureau central de tarification. (Art. L. 125-6 du Code des Assurances)

VII.5 PPRN et sanctions pénales

Selon l'article L. 562-5 du Code de l'Environnement, le fait de construire ou d'aménager un terrain dans une zone interdite par un P.P.R.N approuvé ou de ne pas respecter les conditions de réalisation, d'utilisation ou d'exploitation prescrites par ce document constitue une infraction punie des peines prévues à l'article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme.

Enfin, la violation délibérée des prescriptions d'un P.P.R.N est susceptible d'engager la responsabilité du prévenu pour mise en danger délibérée de la personne d'autrui ou, dans le cas où des conséquences dommageables sur la personne d'autrui en découleraient, pour manquement à une obligation de sécurité et de prudence prévue par la loi ou le règlement, passible du délit d'homicide ou de blessures involontaires.

VII.6 PPRN et information préventive

Concernant l'information de la population par les communes, l'article L. 125-2 du Code de l'Environnement dispose que :

"Dans les communes où un P.P.R.N a été prescrit ou approuvé, le maire informe la population au moins une fois tous les deux ans, par des réunions publiques communales ou tout autre moyen approprié, sur les caractéristiques du ou des risques naturels connus dans la commune, les mesures de prévention et de sauvegarde possibles, les dispositions du plan, les modalités d'alerte, l'organisation des secours, les mesures prises par la commune pour gérer le risque, ainsi que sur les garanties prévues à l'article L.125-1 du Code des Assurances. Cette information est délivrée avec l'assistance des services de l'Etat compétents, à partir des éléments portés à connaissance du maire par le représentant de l'Etat dans le département […]".

VII.7 PPRN et IAL

Lors de la vente ou de la location d'un bien immobilier bâti ou non bâti, l'article L.125-5 du Code de l'Environnement crée, pour le propriétaire de ce bien, une double obligation **d'Information des Acquéreurs/Locataires** (IAL) sur :

- ✓ la situation du bien au regard des risques pris en compte dans un **Plan de Prévention des Risques Naturels** (P.P.R.N) naturels et technologiques prescrit ou approuvé,
- ✓ la situation du bien au regard des **zones sismiques** réglementaires en vigueur,
- ✓ les **sinistres** subis par le bien, à partir des indemnisations consécutives à un événement ayant fait l'objet d'un arrêté de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle ou technologique.

En cas de non-respect des dispositions de l'article L.125-5, l'acquéreur ou le locataire peut poursuivre la résolution du contrat ou demander au juge une diminution du prix.

VII.8 PPRN et PCS

La procédure de mise en œuvre du **Plan Communal de Sauvegarde** (P.C.S.) est codifiée aux articles R. 731-1 et suivants du Code de la Sécurité Intérieure.

Un Plan Communal de Sauvegarde (P.C.S.) (Art. R. 731-10 du Code de la Sécurité Intérieure) doit être élaboré pour les communes dans **un délai de deux ans** à compter de la date d'approbation par le préfet du département d'un Plan de Prévention des Risques Naturels.

Le PCS définit, sous l'autorité du maire, l'organisation prévue par la commune pour assurer l'alerte, l'information, la protection et le soutien de la population au regard des risques connus. Il établit un recensement et une analyse des risques à l'échelle de la commune. Il intègre et complète les documents d'information élaborés au titre des actions de prévention. Le Plan Communal de Sauvegarde complète les plans Orsec de protection générale des populations (Art. R. 731-1 du Code de la Sécurité Intérieure).

L'analyse des risques porte sur l'ensemble des risques connus auxquels la commune est exposée. Elle s'appuie notamment sur les informations recueillies lors de l'élaboration du Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (DDRM) établi par le préfet du département, les plans de prévention des risques naturels prévisibles ou les Plans Particuliers d'Intervention (PPI) approuvés par le préfet, concernant le territoire de la commune (Art. R. 731-2 du Code de la Sécurité Intérieure).

Le PCS comprend l'ensemble des documents de compétence communale contribuant à l'information préventive et à la protection de la population notamment le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (DICRIM), le diagnostic des risques et des vulnérabilités locales…(Art. R. 731-3 du Code de la Sécurité Intérieure)

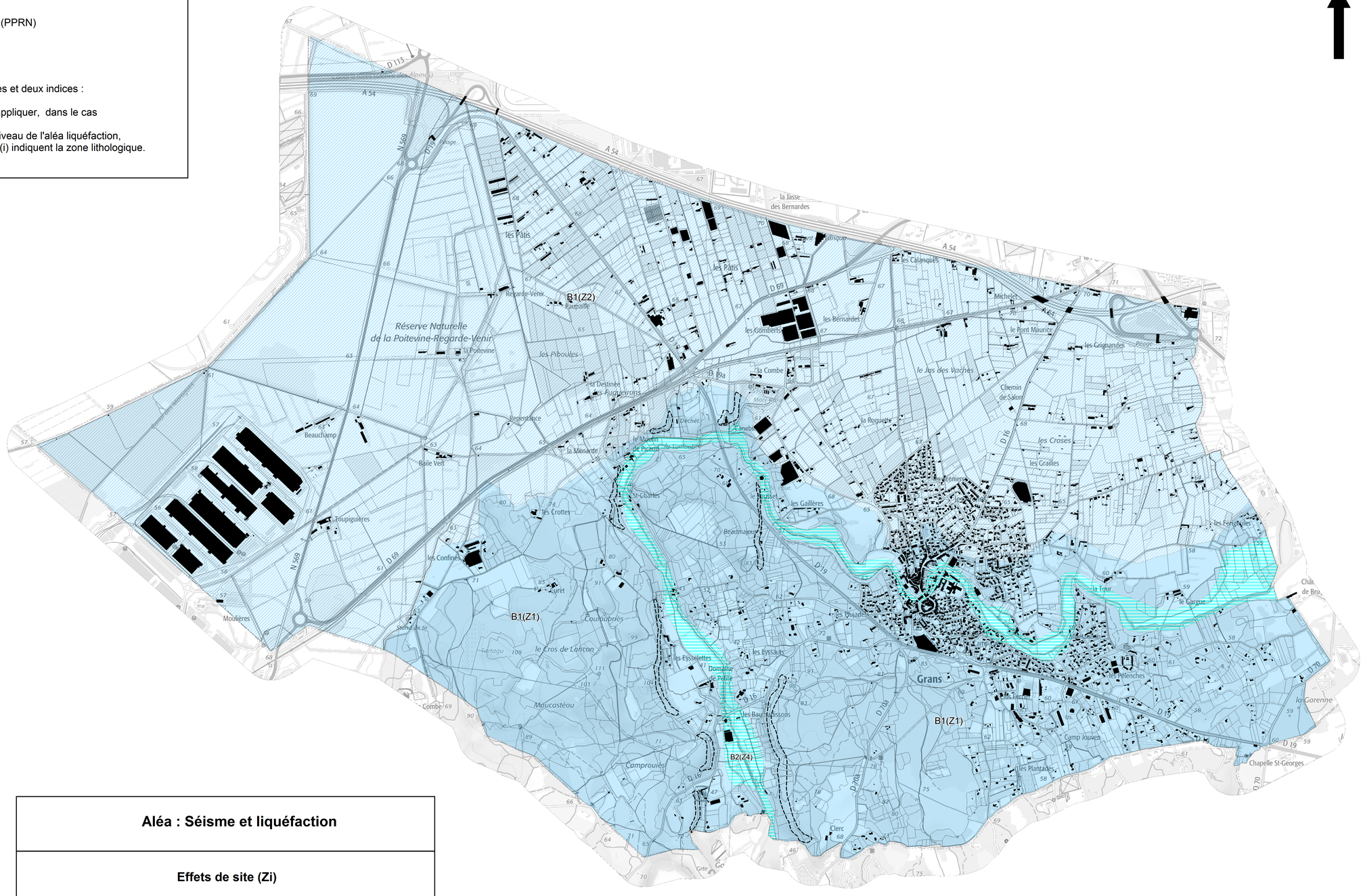
oOo

Grille de lecture

Le plan de zonage du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)
de Grans, cartographié à l'échelle du 1/10 000, est établi
à partir du seul croisement des différents aléas sismiques
(zone Z1 et zones à effets de site (Z2 et Z4), liquéfaction).

Chaque zone (B1, B2) est référencée par deux lettres majuscules et deux indices :

- la lettre majuscule (B) correspond au niveau de contraintes à appliquer, dans le cas présent : faible,
- le premier indice (1 à 2) distingue les zones B en fonction du niveau de l'aléa liquéfaction,
- la deuxième lettre (Z) et le deuxième indice entre parenthèses (i) indiquent la zone lithologique.



Aléa : Séisme et liquéfaction	
Effets de site (Zi)	
Liquéfaction nulle	Liquéfaction modérée
B1(Zi)	B2(Zi)

Zones lithologiques

- Zone Z1 : Rocher
- Zone Z2 : Sol raide
- Zone Z4 : Alluvions de la Touloubre

Zone à effet topographique potentiel

0 250 500 750 1 000
Mètres

Echelle : 1/10 000
Format A0

Liberté
Égalité
Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
PRÉFET DES BOUCHES-DU-RHÔNE
Direction départementale des Territoires et de la Mer

Direction Départementale des Territoires et de la Mer
Service Urbanisme
16, rue Antoine Zattara
13332 Marseille Cedex 3
☎ 04 91 28 40 40
✉ ddtm@bouches-du-rhone.gouv.fr

Source :
SCAN25®-©IGN
BDParcellaire®-©IGN
BDTopo®-©IGN
DGFiP, 2015
CEREMA, 2014
DDTM 13, Mars 2018

Approuvé par arrêté préfectoral le 13 mars 2018

COMMUNE DE GRANS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R)

SEISME

2 - Plan de zonage réglementaire (Cadastre + Scan25)

Echelle: 1/10 000
Format A0

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

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

Direction Départementale des territoires
et de la mer
Service Urbanisme
16, rue Antoine Zattara
13332 Marseille Cedex 3

04 91 28 40 40
ddtm@bouches-du-rhone.gouv.fr

**Approuvé par
arrêté préfectoral le
13 mars 2018**

COMMUNE DE GRANS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R.N)

SEISME

3 – REGLEMENT

SOMMAIRE

CHAPITRE I.....3

Portée du règlement P.P.R.N Disposition générale 3
I.1 Le champ d'application.....3
I.1.a Le cadre réglementaire.....3
I.2 La définition du zonage réglementaire.....3
I.2.a La portée du PPRN.....5
I.3 Les autres réglementations à appliquer.....5
I.3.a Entretien des cours d'eau.....5
I.3.b Gestion des réseaux.....6

CHAPITRE II.....7

Réglementation des projets 7
II.1 Dispositions applicables aux projets en Zones Bleues.....8
Article II.1.a.....8
Article II.1.b.....8
Article II.1.c.....10

CHAPITRE III.....13

Mesures sur les biens et activités existants 13

CHAPITRE IV.....15

Mesures de prévention, de protection et de sauvegarde 15
IV.1 Mesures visant la sécurité et l'information du public.....16
IV.1.a Pour la commune et l'Etablissement Public de Coopération Intercommunale (E.P.C.I.) 16
IV.1.b Pour les personnes privées, physiques ou morales.....16
IV.1.c Pour les concessionnaires de réseaux destinés aux publics : routes, énergies, eau potable, assainissement, communications.....17

CHAPITRE I

PORTEE DU REGLEMENT P.P.R.N

DISPOSITION GENERALE

I.1 Le champ d'application

I.1.a Le cadre réglementaire

La loi du 22 juillet 1987, modifiée par la loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement, a institué les plans de prévention des risques naturels (PPRN). Les modalités d'application de la loi ont été définies par le décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995. La procédure PPRN est désormais définie par les articles L.562-1 à L.562-9, L. 563-1 et par les articles R. 562-1 à R. 562-10 (modalités d'application) du Code de l'Environnement.

I.2 La définition du zonage réglementaire

En application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement, le PPRN délimite, en tant que besoin, les zones directement exposées à des risques et d'autres zones non directement exposées mais où certaines occupations ou usages du sol pourraient aggraver les risques ou en provoquer de nouveaux. Le zonage réglementaire du P.P.R.N de Grans comprend :

- ✓ des **zones bleues (B)** exposées à des risques pour lesquels il existe des mesures de protection techniquement possibles et financièrement supportables par un propriétaire individuel ou par la collectivité. La construction y est admise sous prescriptions.

Le zonage réglementaire ne comprend pas de zones rouges.

En raison de l'absence de zone d'aléa « mouvements de terrain » sur le territoire communal, le plan de zonage du Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) de Grans, cartographié à l'échelle du 1/10 000, est établi à partir du croisement des différents aléas sismiques (zone Z1 et zones à effets de site (Z3, Z4 et Z5), liquéfaction) (Tableau 1).

La définition des enjeux et le croisement des différents aléas sont exposés dans le rapport de présentation.

Aléas : Séisme et liquéfaction	
Effets de site (Zi)	
Liquéfaction nulle	**Liquéfaction modérée**
B1-(Zi)	B2-(Zi)

Tableau 1 : Détermination des zones du plan de zonage de Grans

Chaque zone (**B1**, **B2**) est référencée par deux lettres majuscules et deux indices :

- ✓ la lettre majuscule (B) correspond au niveau de contraintes à appliquer, dans le cas présent : faible,
- ✓ le premier indice (1 à 2) distingue les zones B en fonction de l'aléa liquéfaction,
- ✓ la deuxième lettre (Z) et le deuxième indice (1, 2 et 4) entre parenthèses (Zi) indiquent la zone lithologique.

Les zones bleues (**B1** à **B2**) sont exposées aux aléas:

- ✓ séisme (**B1-(Zi)**),
- ✓ séisme et liquéfaction de niveau modéré (**B2-(Zi)**).

Les zones bleues sont des zones où doit être appliquée la réglementation nationale parasismique (règles de construction parasismique) en vigueur.

Pour rappel, la commune est divisée en trois zones sismiquement homogènes :

- ✓ **Z1 Rocher**
- ✓ **Z2 Sol raide**
- ✓ **Z4 Alluvions de la Touloubre**

Remarque : l'absence de zone Z3 dans le découpage en zones lithologiquement homogènes s'explique par le fait que l'étude a été menée conjointement sur les communes de Pélissanne, Grans, et Salon.

A chacune de ces zones est associé un spectre de réponse spécifique. Pour les ouvrages « à risque normal » (bâtiments, ponts…), ces spectres de réponse spécifiques se substituent aux spectres de réponse définis par la réglementation nationale. **Ces spectres de réponse consultables en annexe 4-3 s'adressent aux aménageurs, ingénieurs structure, architectes et doivent être utilisés par ces derniers pour la conception des ouvrages.**

I.2.a La portée du PPRN

En application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement, le présent règlement fixe les dispositions applicables aux biens et activités **existants**[1] ainsi qu'à l'implantation de toutes **nouvelles** constructions et installations, à l'exécution de tous travaux et à l'exercice de toutes activités, sans préjudice de l'application des autres législations et réglementations en vigueur. Les plans de prévention des risques naturels prévisibles peuvent fixer des règles particulières de construction, d'aménagement et d'exploitation en ce qui concerne la nature et les caractéristiques des bâtiments ainsi que leurs équipements et installations (Art. R. 126-1 Code de la construction).

Les biens et activités existants, régulièrement édifiés antérieurement à la publication du Plan de Prévention des Risques Naturels, continuent de bénéficier du régime général de garantie contre les catastrophes naturelles prévu par la loi.

Pour les biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du Code de l'Urbanisme et avant l'approbation du PPRN, le règlement du PPRN peut imposer des mesures visant à la réduction de la vulnérabilité des bâtiments existants et de leurs occupants. Ces dispositions, à réaliser dans **un délai maximum de 5 ans** après l'approbation du PPRN, ne s'imposent que dans la limite de 10% de la valeur vénale du bien considéré à la date d'approbation du plan (en application de l'article R.562-5 du Code de l'Environnement).

Selon l'article L. 562-1-II-3° du Code de l'Environnement, un P.P.R.N peut également définir **des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde** dans les zones dites de danger et les zones dites de précaution qui doivent être prises par les collectivités publiques dans le cadre de leurs compétences, ainsi que celles qui peuvent incomber aux propriétaires, exploitants et utilisateurs concernés.

I.3 Les autres réglementations à appliquer

I.3.a Entretien des cours d'eau

Il est rappelé l'obligation d'entretien faite **aux propriétaires** riverains d'un cours d'eau, définie à l'article L 215-14 du Code de l'Environnement.

« Le propriétaire riverain est tenu à un entretien régulier du cours d'eau. L'entretien régulier a pour objet de maintenir le cours d'eau dans son profil d'équilibre, de permettre l'écoulement naturel des eaux et de contribuer à son bon état écologique ou, le cas échéant, à son bon potentiel écologique, notamment par enlèvement des embâcles, débris et atterrissements, flottants ou non, par élagage ou recépage de la végétation des rives.»

[1] La date de référence pour les "constructions existantes" visées dans le corps des règles, est celle d'approbation du présent P.P.R.N.

I.3.b Gestion des réseaux

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

En application de l'article L. 732-2 du Code de la Sécurité Intérieure, afin de favoriser le retour à un fonctionnement normal de ces services ou de ces réseaux en cas de crise, les exploitants des services ou réseaux mentionnés à l'article L. 732-1 désignent un responsable au représentant de l'Etat dans le département, ainsi qu'au représentant de l'Etat dans le département du siège de la zone de défense lorsque leur activité dépasse les limites du département.

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

En application de l'article L. 732-4 du Code de la Sécurité Intérieure, afin de favoriser le retour à un fonctionnement normal de ces services ou de ces réseaux en cas de crise, les exploitants des services ou réseaux mentionnés à l'article L. 732 désignent un responsable au représentant de l'Etat dans le département, ainsi qu'au représentant de l'Etat dans le département du siège de la zone de défense et de sécurité lorsque leur activité dépasse les limites du département.

Le **décret n°2007-1400 du 28 septembre 2007** relatif à la définition des besoins prioritaires de la population et aux mesures à prendre par les exploitants d'un service destiné au public lors de situation de crise est pris en application de l'article L. 732-1 susvisé.

Afin d'assurer le maintien de la satisfaction des besoins prioritaires, ce décret prévoit notamment que les exploitants mentionnés à l'article L 732-1 susvisé prennent toutes mesures pour :

- ✓ Protéger leurs installations contre les risques, agressions et menaces prévisibles,
- ✓ Alerter **sans délai** l'autorité compétente de l'imminence ou de la survenue d'une défaillance grave de leurs installations susceptible de porter atteinte à la continuité du service.

oOo

CHAPITRE II

REGLEMENTATION DES PROJETS

L'ensemble des prescriptions édictées dans ce chapitre, ne s'applique qu'aux projets autorisés postérieurement à la date d'approbation du Plan de Prévention des Risques Naturels (constructions nouvelles, reconstruction, modification ou extension de constructions existantes,…). Les mesures sur les biens et activités existants[2] sont abordées au chapitre III.

Est assimilé à un projet « toutes occupation et utilisation du sol, tous travaux, tout type de construction, d'ouvrage, d'aménagement ou d'exploitation agricole, forestière, artisanale, commerciale ou industrielle de quelque nature qu'ils soient ». Ainsi les projets d'extension, de changement de destination ou de reconstruction de biens existants après sinistre sont, comme tout projet nécessitant une déclaration de travaux ou l'obtention préalable d'un permis de construire, réglementés au titre des projets.

En application de l'article L.562-1 du Code de l'Environnement le présent règlement définit les conditions de réalisation, d'utilisation et d'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. Les conditions de réalisation se traduisent par le respect des règles d'urbanisme et des règles de construction (sous la responsabilité du maître d'ouvrage, du propriétaire, de l'occupant ou utilisateur). Les conditions d'utilisation sont des règles liées à l'usage des biens, ouvrages ou exploitations.

Les maîtres d'ouvrage qui s'engagent à respecter les règles de construction lors du dépôt de permis de construire et les professionnels chargés de réaliser les projets sont responsables des études ou dispositions qui relèvent du Code de la Construction en application de son article R. 126-1.
Néanmoins il apparaît nécessaire lors de la délivrance d'une autorisation (de construire, de lotir, etc.) que l'**autorité compétente** en la matière rappelle au maître d'ouvrage, au-delà du visa et par note distincte, l'existence des dispositions obligatoires voire les recommandations et conseils.

Il s'agit là d'un souci de bonne administration mais aussi de l'exercice des compétences de l'Etat et des Maires au titre du droit de l'information des citoyens sur le risque (Art. L. 125-2 Code de l'Environnement).

En tout état de cause, l'autorité compétente en matière d'urbanisme veillera à ce que la réalisation des études requises par le PPRN soient attestées par le maître d'oeuvre et que cette attestation soit jointe au permis de construire ou de la déclaration de travaux.

Les maîtres d'ouvrage des travaux, aménagements et exploitations de différentes natures sont responsables des prescriptions et interdictions qui y sont rattachées.

[2] La date de référence pour les "constructions existantes" visées dans le corps des règles, est celle d'approbation du présent Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN)

II.1 Dispositions applicables aux projets en Zones Bleues

Comme l'ensemble du territoire communal, elles sont exposées à l'aléa sismique et éventuellement à l'aléa liquéfaction :

- ✓ zone **B1-(Zi)** exposée à l'aléa sismique,
- ✓ zone **B2-(Zi)** exposée aux aléas :
  - ✓ sismique,
  - ✓ liquéfaction de niveau modéré.

Conformément à l'article R.431-16 du Code de l'Urbanisme, tout projet soumis à permis de construire autorisé dans le cadre du présent règlement ayant fait l'objet d'une étude devra être accompagné d'une attestation établie par le maître d'œuvre du projet (architecte, bureau d'études etc..) ou par un expert agréé certifiant que le projet prend en compte au stade de la conception les résultats et conclusions de cette étude.

Les études et attestations nécessaires et obligatoires sont synthétisées dans le tableau 2 à la fin du présent chapitre.

Article II.1.a

Sont autorisés dans toutes les zones B tous les projets nouveaux, sous réserve du respect des prescriptions de l'article II.1.b

Article II.1.b

Sont prescrites les conditions suivantes de réalisation, utilisation, exploitation

Prescriptions communes aux zones bleues B1-(Zi) et B2-(Zi)

Afin de limiter la vulnérabilité au séisme

- le respect de la réglementation nationale en vigueur[3] avec utilisation des spectres de calcul spécifiques définis par le microzonage pour les ouvrages « à risque normal[4] »,

[3]Au moment du dépôt de la demande d'autorisation d'urbanisme. La réglementation nationale et les normes de construction parasismiques en vigueur le jour de l'approbation du présent PPR sont rappelées dans l'Annexe 4-4

[4] Application du spectre spécifique (microzonage PPR) défini dans l'Annexe 4-3 pour les ouvrages à « risque normal » adapté à la zone d'implantation du projet (Z1, Z3, Z4 et Z5) et à la catégorie d'importance de l'ouvrage concerné (I, II, III ou IV)

Pour la mise en oeuvre des règles de construction, il est recommandé de faire appel à un ingénieur structure. Parmi d'autres précautions de bon sens, un soin particulier doit être apporté à la qualité d'exécution des éléments non structuraux.

- le raccordement, pour tout projet, des réseaux intérieurs et extérieurs (énergies, eau potable, assainissement, communications,…) devra être conçu et réalisé de manière à éviter les ruptures ou les fuites.
- pour les prescriptions applicables aux réseaux publics existants, se référer au chapitre IV paragraphe IV.1.c.

Prescriptions spécifiques aux zones bleues potentiellement exposées à l'effet topographique

Afin de limiter la vulnérabilité aux effets topographiques

- Dans les cas prévus par la réglementation parasismique en vigueur, l'exposition du projet vis à vis des effets topographiques devra être examinée en tenant compte de la topographie dans l'état du terrain tel que construit et aménagé afin de déterminer, si nécessaire, le coefficient ST de majoration des actions sismiques conformément à la norme NF EN 1998-5 et son annexe associée. En cas de modification de la réglementation, l'application des normes en vigueur en lieu et place de la norme NF EN 1998-5.

Prescriptions spécifiques aux zones bleues exposées à l'aléa liquéfaction Zones B2-(Zi)

Afin de limiter la vulnérabilité aux phénomènes de liquéfaction

- Dans les cas prévus par la réglementation parasismique en vigueur, une (ou des) **études** géologique(s) et géotechnique(s) devra(ont) être réalisée(s) par un bureau d'études spécialisé suivant le principe de la norme NF-P 94-500 de Novembre 2013. Conformément à la norme[6] NF EN 1998-5 (Eurocode 8) et son annexe, cette (ces) études aura(ont) pour objectifs d'évaluer le risque de liquéfaction et ses éventuelles conséquences sur l'emprise de la zone d'influence géotechnique du projet, et de prévoir, en cas de risque de liquéfaction avéré, les adaptations (traitement des sols et/ou renforcement des fondations) permettant de limiter ce dernier. La phase avant-projet de l'étude géotechnique de conception G2[7] sera considérée comme un minimum. Elle sera si nécessaire accompagnée des missions suivantes.

[5] L'accélération $\mathbf{a_{gr}}$ à prendre en compte en cas de travaux conséquents sur un bâtiment « à risque normal » existant pour le dimensionnement de la structure (ensemble du bâtiment) a pour valeur 0.96 m/s² identique à celle retenue par la réglementation en vigueur le jour de l'approbation du présent PPR

[6] En cas de modification de la réglementation, l'application des normes en vigueur en lieu et place de la norme NF EN 1998-5.

[7] Ou de niveau équivalent en cas de modification des normes en vigueur

- Les raccordements aux réseaux (gaz, eau, câbles,…) doivent être conçus afin de réduire leur sensibilité aux phénomènes de liquéfaction.

Les dispositions techniques définies par l'étude devront être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

Article II.1.c

Est recommandée la recherche d'un site de moindre vulnérabilité de préférence en dehors d'une zone soumise à effet de site topographique ou effet induit (liquéfaction) pour :

- les bâtiments de catégorie d'importance III et les bâtiments de catégorie IV concourant à l'intervention des secours et à la gestion de la crise,
- les réseaux divers qui doivent continuer de fonctionner en période de crise,
- les activités industrielles ou commerciales présentant un risque de perte d'exploitation important ou un risque de pollution.

Sont recommandées les mesures ci-dessous pour toutes les zones bleues, afin de limiter la vulnérabilité au séisme

Afin de limiter la vulnérabilité aux phénomènes de liquéfaction

- pour les travaux de réhabilitation, réfection, rénovation ou réaménagement, la vérification et le renforcement, s'il y a lieu, des éléments non structuraux (voir « Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti » consultable, téléchargeable sur Internet et présentée dans l'Annexe 4-7) des bâtiments de catégorie d'importance II, III et IV, qui n'entrent pas dans le champ d'application de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 (ajout ou remplacement).
- un soin particulier doit être apporté à la qualité d'exécution des éléments non structuraux. Pour la mise en oeuvre des mesures listées ci-dessus, il est recommandé de faire appel à un ingénieur structure.
- l'ancrage des équipements techniques lourds (chaudières, chauffe-eau, réservoirs divers, pompes à chaleur, climatisation, tableaux électriques, paraboles et antennes, ascenseur). L'ancrage s'effectue préférentiellement dans les murs porteurs du bâtiment ou au niveau du plancher.

Synthèse des études et attestations exigées par le règlement du présent PPRN (zones bleues) pour les projets :

	Évaluation de l'aléa liquéfaction Zones **B2** (Étude + attestation)	Évaluation de l'effet topographique
Bâtiment de Catégorie I	**NON**	**NON**
Utilisation des PS-MI (avec condition d'application desdites règles respectées)	**OUI**	**NON**
Utilisation des Eurocode 8	**OUI**	**OUI**

Tableau 2: Synthèse des études et attestations exigées

Pour connaître les cas où des règles de construction parasismique (bâtiments neufs, travaux lourds sur l'existant) doivent être appliquées pour un bâtiment « à risque normal » à la date d'approbation du présent PPRN, se reporter à l'Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

oOo

CHAPITRE III

MESURES SUR
LES BIENS ET ACTIVITES EXISTANTS

De manière générale les mesures visent des études ou des travaux de modification des biens et activités déjà situés dans les zones réglementées par un PPRN au moment de son approbation. Elles concernent l'aménagement, l'utilisation et l'exploitation de tous types de bâtiments, d'ouvrages, d'espaces agricoles ou forestiers.

Elles doivent être prises par les propriétaires, exploitants, utilisateurs ou les collectivités publiques compétentes.

Elles visent la sécurité des personnes, la limitation des dommages aux biens et le retour à la normale.

Le dossier de demande de subvention (fonds Barnier) à renseigner pour les études et travaux de réduction de la vulnérabilité imposés aux biens et activités existants par le présent PPR figure dans l'annexe 4-11.

Sont recommandées

Pour toutes les zones bleues B1-(Zi) et B2-(Zi)

Afin de limiter la vulnérabilité au séisme

- le diagnostic et le renforcement parasismique des bâtiments existants. L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif aux bâtiments dit « à risque normal » vient faciliter les démarches de renforcement volontaire de la part d'un maître d'ouvrage, en permettant de choisir le niveau de confortement.
- le guide « Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme »[8] explicite la démarche à adopter pour le traitement des bâtiments existants.

[8] Se reporter au guide «Diagnostic et renforcement volontaire du bâti existant vis-à-vis du séisme » consultable et téléchargeable sur le site Internet http://www.planseisme.fr. Ce guide s'appuie sur les dispositions relatives au renforcement volontaire défini dans l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et sur les dispositions de l'Eurocode 8 partie 3, règles de construction retenues par la réglementation (NF EN 19983 décembre 2005), édité par le ministère de l'égalité des territoires et du logement (METL) et le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) en mars 2013 et rédigé par l'Association Française de Génie Parasismique (AFPS) et par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Ce guide est présenté dans l'Annexe 4-8

- la vérification et s'il y a lieu, le renforcement des éléments non structuraux (Éléments de façade, Cloisons, Plafonds suspendus, Souches de cheminées maçonnées, Éléments maçonnés : acrotères, balustres, garde-corps,…)[9],
- la vérification et si besoin l'ancrage des équipements techniques lourds (chaudières, chauffe-eau, réservoirs divers, pompes à chaleur, climatisation, tableaux électriques, paraboles et antennes, ascenseur). L'ancrage s'effectue préférentiellement dans les murs porteurs du bâtiment ou au niveau du plancher.

oOo

[9] Se reporter au « Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti » pour les bâtiments à « risque normal » édité par le ministère de l'égalité des territoires et du logement et le ministère de l'écologie, du développement durable et présenté dans l'Annexe 4-7

CHAPITRE IV

MESURES DE PREVENTION, DE PROTECTION ET DE SAUVEGARDE

Ces mesures ont pour objectif d'agir sur les phénomènes naturels ou sur la vulnérabilité des personnes et des biens.

Les mesures de **prévention** permettent d'améliorer la connaissance, d'assurer l'information préventive, de favoriser la conscience du risque et la mémoire du risque, et d'anticiper par la surveillance et l'alerte.

Les mesures de **protection** permettent de diminuer l'intensité de l'aléa par l'entretien ou la réhabilitation des dispositifs de protection existants ou sa réduction par la création de nouveaux dispositifs.

Les mesures de **sauvegarde** permettent de maîtriser ou réduire la vulnérabilité des personnes : plans d'alerte et d'évacuation, moyens d'évacuation,… et de garantir un retour rapide à la normale après la crise.

Selon l'article R. 562-4 du Code de l'Environnement, le Plan de Prévention des Risques Naturels (PPRN) peut définir des règles relatives aux réseaux et infrastructures publics desservant son secteur d'application, visant à faciliter les éventuelles mesures d'évacuation ou l'intervention des secours, prescrire aux particuliers ou à leurs groupements la réalisation de travaux contribuant à la prévention des risques et leur confier la gestion de dispositifs de prévention des risques ou d'intervention en cas de survenance des phénomènes considérés, subordonner la réalisation de constructions ou d'aménagements nouveaux à la constitution d'associations syndicales chargées de travaux nécessaires à la prévention des risques, notamment l'entretien des espaces et, le cas échéant, la réalisation ou l'acquisition, la gestion et le maintien en condition d'ouvrages ou de matériels.

Le PPRN précise les mesures rendues obligatoire et fixe les délais de réalisation.

En application de l'article L. 562-1 du Code de l'Environnement, les travaux et mesures de prévention suivants, peuvent en tant que de besoin être rendus obligatoires**, dans un délai maximum de 5 ans** à compter de la date d'approbation du PPRN pour l'existant et au fur et à mesure des aménagements nouveaux.

IV.1 Mesures visant la sécurité et l'information du public

IV.1.a Pour la commune et l'Etablissement Public de Coopération Intercommunale (E.P.C.I.)

Mesures de prévention

Information de la population au moins une fois tous les deux ans postérieurement à l'approbation du présent plan, dans les termes prévus à l'article L 125-2 du Code de l'Environnement.

Un **Dossier d'Information Communal sur les Risques Majeurs** (D.I.C.R.I.M) dans le respect du droit à l'information des citoyens sur les risques majeurs doit être établi **dès la transmission par le préfet** des informations nécessaires à son élaboration, le Dossier Départemental sur les Risques Majeurs (D.D.R.M). Les articles R. 125-10 et R 125-11 du Code de l'Environnement fixent le champ d'application, la procédure d'élaboration et le contenu du D.I.C.R.I.M.

Les consignes de sécurité figurant dans le Document d'Information Communal sur les Risques Majeurs (D.I.C.R.I.M) et celles éventuellement fixées par les exploitants ou les propriétaires des locaux et terrains (mentionnés à l'article R. 125-14 du Code de l'environnment) sont portées à la connaissance du public par voie d'affiches.

Mesures de sauvegarde

Des **mesures conservatoires** pourront être prises dans le cas de l'apparition et de mise en évidence de l'ouverture (progressive ou brutale) de fissure(s) significative(s) dans le sol, en tête de talus, en sommet de falaise ou sur un versant, à proximité de toute habitation et/ou voies publiques.

Réalisation d'un Plan Communal de Sauvegarde (PCS) **dans un délai de 2 ans** à compter de la date d'approbation du présent plan.

IV.1.b Pour les personnes privées, physiques ou morales

Constatation des désordres

Tout type de désordres constatés pouvant résulter de la mise (ou remise) en mouvement de couches de sols doit être signalé **sans délai** au Maire de la commune.

En particulier, doit être signalé **sans délai** à l'autorité compétente, tout désordre constaté par un maître d'oeuvre au cours de travaux d'aménagement et de mise en sécurité. Le maître d'oeuvre en avisera le ou les propriétaires intéressé(s).

Plans de recollement des travaux de reconnaissance et mise en sécurité

Dans le cas où des travaux de reconnaissance et de mise en sécurité ont été réalisés sur des zones exposées à un quelconque type d'aléa, le maître d'ouvrage remet au Maire, dans un délai d'un mois après l'achèvement de ces travaux, un plan d'implantation détaillé des confortements, des ouvrages de protection, des sondages de reconnaissance, des fouilles et des puits foncés, les coupes des terrains traversés, ainsi que les coupes, élévations et schémas nécessaires à une parfaite description des

travaux de consolidation exécutés et, si besoin, une notice explicative en vue de fournir tous les renseignements techniques utiles.

Le plan de localisation des différents travaux est repéré, sans ambiguïté, par rapport aux ouvrages existants en surface ou à la voirie existante. Il est daté et authentifié par les signatures du maître d'ouvrage, du maître d'oeuvre et du bureau de contrôle de l'opération puis joint au dossier du projet.

IV.1.c Pour les concessionnaires de réseaux destinés aux publics : routes, énergies, eau potable, assainissement, communications.

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

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

L'article R 732-9 du Code de la Sécurité Intérieure fixe les catégories d'ouvrages et d'établissements soumis à cette obligation.

III. - Afin de favoriser le retour à un fonctionnement normal de ces services ou de ces réseaux en cas de crise, les exploitants des services ou réseaux mentionnés aux articles L. 732-1 et L 732-3 désignent un responsable au représentant de l'Etat dans le département, ainsi qu'au représentant de l'Etat dans le département du siège de la zone de défense lorsque leur activité dépasse les limites du département.

Pour satisfaire les dispositions mentionnées ci-dessus, les gestionnaires de réseaux seront tenus au titre du présent PPRN:

- d'élaborer un diagnostic des installations au regard du risque concerné : ce diagnostic doit permettre d'identifier les réseaux situés sur le territoire communal, d'évaluer leur degré d'exposition, d'analyser leur vulnérabilité et les effets directs et indirects de l'aléa sismique,
- de définir et mettre en oeuvre un plan pluriannuel de mesures de réduction de la vulnérabilité. A titre d'exemple, on citera :
    - les mesures adaptées afin de limiter les dysfonctionnements et les dégâts en fonction des enjeux préalablement définis,
    - le contrôle périodique de l'état des réseaux et l'élaboration d'un programme d'entretien intégrant le risque,
    - le remplacement des tronçons dégradés et des canalisations sensibles aux déformations du sous-sol, même de faible amplitude.

Ces mesures devront être réalisées dans **un délai de cinq ans** à compter de la date d'approbation du PPRN.

oOo

Plan Local d'Urbanisme

Révision Générale N° 1

TOME 2

PIECE 5.2.5 bis

SERVITUDE PM1- PLAN DE PREVENTION DES RISQUES SEISME

4- ANNEXES

METROPOLE AIX-MARSEILLE-PROVENCE
BP 48014 - 13567 MARSEILLE CEDEX 02
T : 04 91 99 99 00

TERRITOIRE ISTRES-OUEST PROVENCE
BP 10647 - 13808 ISTRES CEDEX
T : 04 42 11 16 16

facebook.com/ampmetropole

Mairie de Grans
Hôtel de Ville
Boulevard Victor Jauffret
13450 GRANS
Tel : 04 90 55 99 70

SOMMAIRE

Annexes

Annexe 4-1 Carte synthétique des aléas sismiques
Annexe 4-2 Carte des principaux enjeux
Annexe 4-3 Spectres de réponse
Annexe 4-4 Règlementation parasismique nationale
Annexe 4-5 Réponses aux questions posées sur la règlementation nationale
Annexe 4-6 Liquéfaction
Annexe 4-7 Eléments non structuraux et leur dimensionnement
Annexe 4-8 Renforcement parasismique volontaire du bâti existant
Annexe 4-9 Classification des dégâts aux bâtiments (échelle EMS 98)
Annexe 4-10 Séisme de Lambesc ; 11 juin 1909 (historique)
Annexe 4-11 Fonds de prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM)
Annexe 4-12 Principaux textes règlementaires
Annexe 4-13 Rapports d'étude du CEREMA

Grille de lecture

Les étiquettes ne sont pas exhaustives.
Se reporter systématiquement à la légende.
Au besoin, réaliser un zoom à partir
du document numérique.

N

Réserve Naturelle de la Poitevine-Regarde-Venir

Z1

Z2

Z4

Grans

Aléa sismique : Effets de site (Z)

- Zone Z1 : Rocher
- Zone Z2 : Sol raide
- Zone Z4 : Alluvions de la Touloubre
- Zone à effet topographique potentiel

Aléa liquefaction

- modéré

0 250 500 750 1 000
Mètres

Echelle : 1/10 000
Format A0

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

Direction Départementale des Territoires et de la Mer
Service Urbanisme
16, rue Antoine Zattara
13332 Marseille Cedex 3
☎ 04 91 28 40 40
✉ ddtm@bouches-du-rhone.gouv.fr

Source :
SCAN25®-©IGN
BDParcellaire®-©IGN
BDTopo®-©IGN
CEREMA, 2014
DDTM 13, Mars 2018

Approuvé par arrêté préfectoral le 13 mars 2018

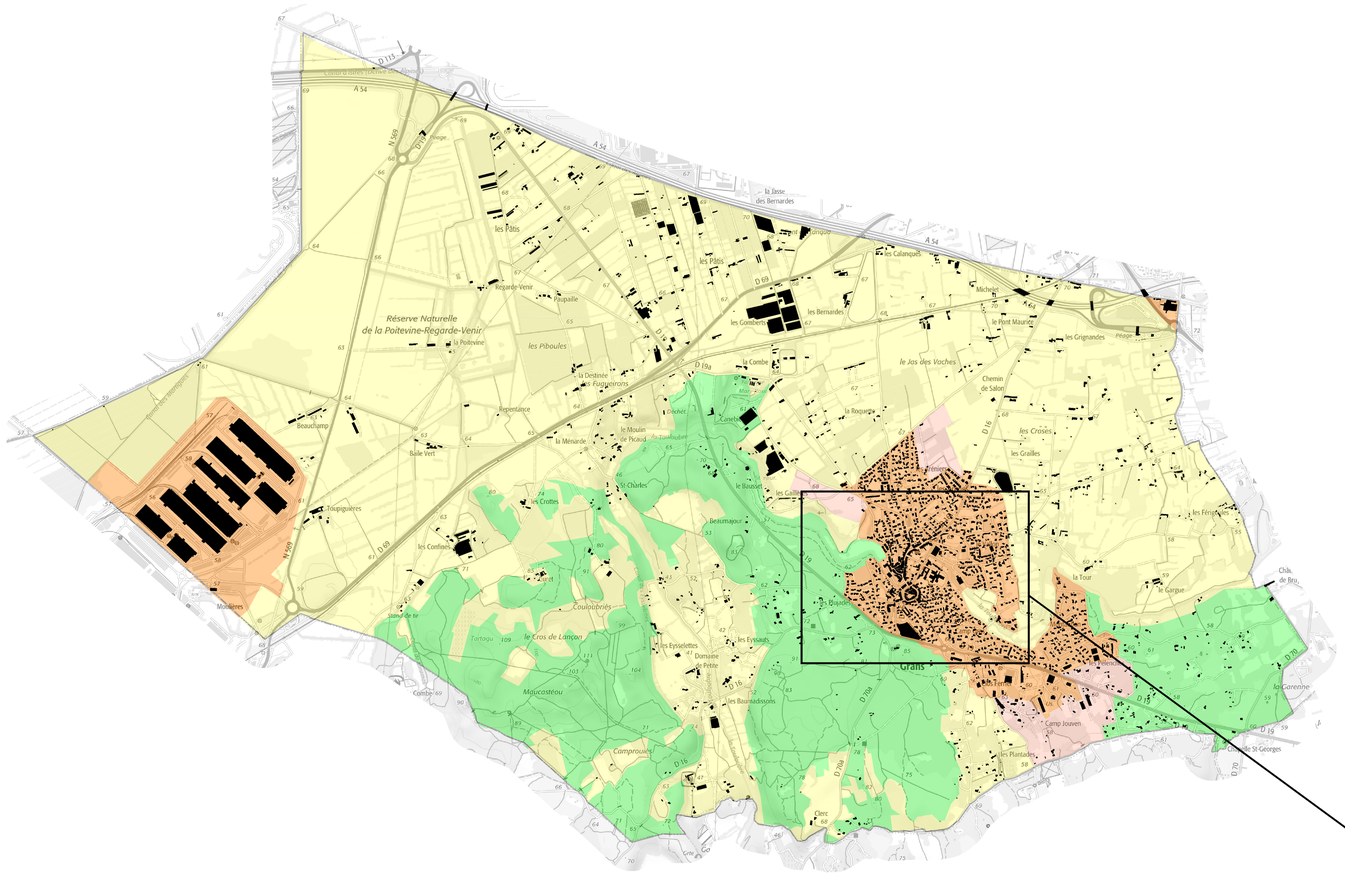
COMMUNE DE GRANS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R)

SEISME

4-1 CARTE DES ALEAS

Echelle: 1/10 000
Format A0



0 0,3 0,6 0,9 1,2
Kilomètres

Format A0 Echelle 1/15 000







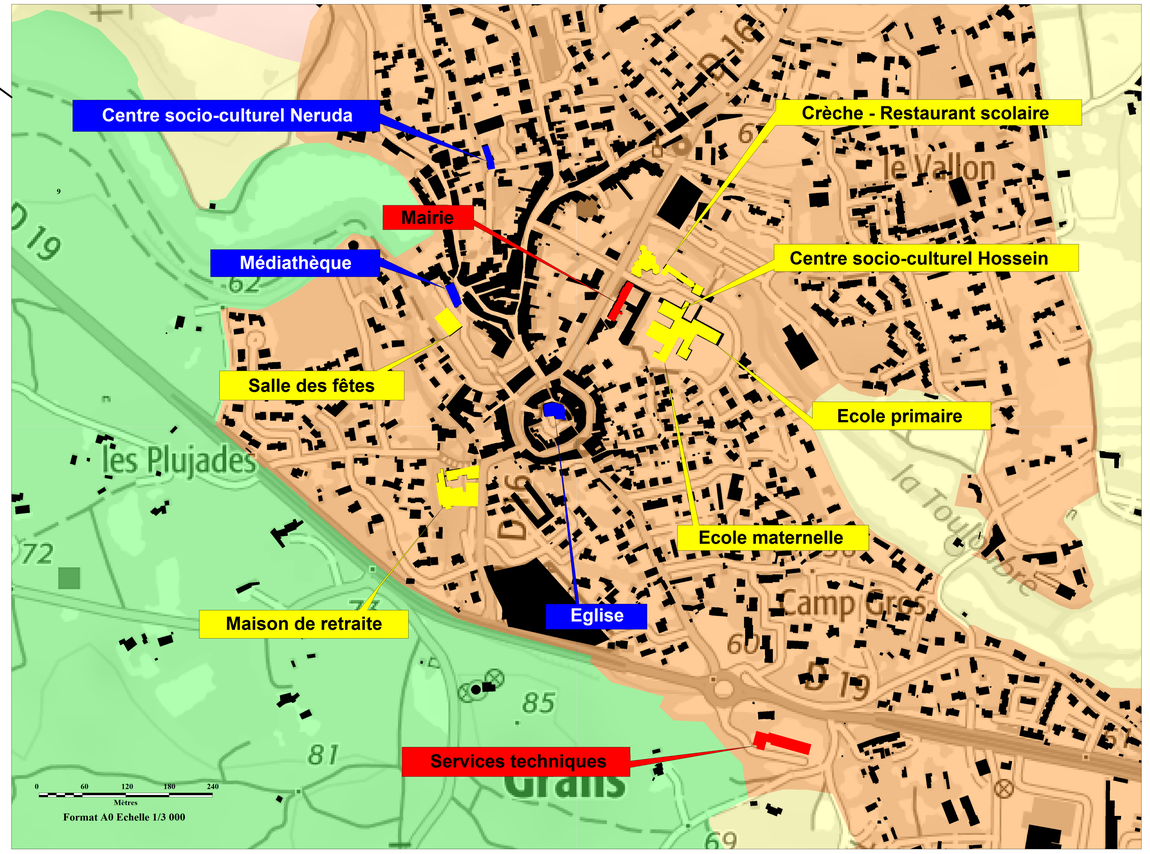


















Principaux enjeux présents sur la commune de Grans

Légende

Vocation à l'aménagement

- Zones urbanisées
- Zones d'urbanisation future
- Zones agricoles
- Zones à protéger : Zones naturelles et forestières

Catégorie d'importance* des principaux enjeux

- Risque normal : II
- Risque normal : III
- Risque normal : IV

* la catégorie d'importance des batiments est définie par la réglementation parasismique nationale (Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »)

Direction Départementale des Territoires et de la Mer
Service Urbanisme
16, rue Antoine Zattara
13332 Marseille Cedex 3
☎ 04 91 28 40 40
✉ ddtm@bouches-du-rhone.gouv.fr

Source :
SCAN25®©IGN
BDTopo®©IGN
DGFiP, 2015
CEREMA, 2005, 2014
GEOTER, 2012
DDTM 13, Mars 2018

Approuvé par arrêté préfectoral le 13 mars 2018

COMMUNE DE GRANS

PLAN DE PREVENTION DES RISQUES NATURELS PREVISIBLES (P.P.R)

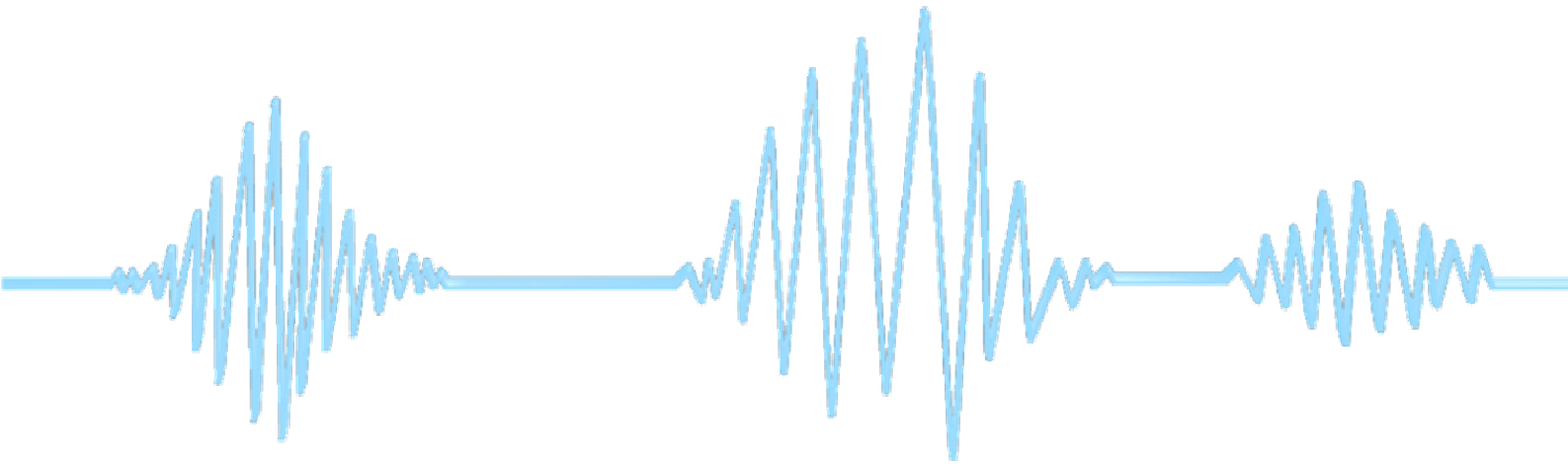
SEISME

4-2 CARTE DES ENJEUX

Echelle: 1/15 000
Format A0

ANNEXE 4-3
Les Spectres de réponse
Bâtiment « à risque normal »

ANNEXE A L'USAGE DES CONCEPTEURS D'OUVRAGE



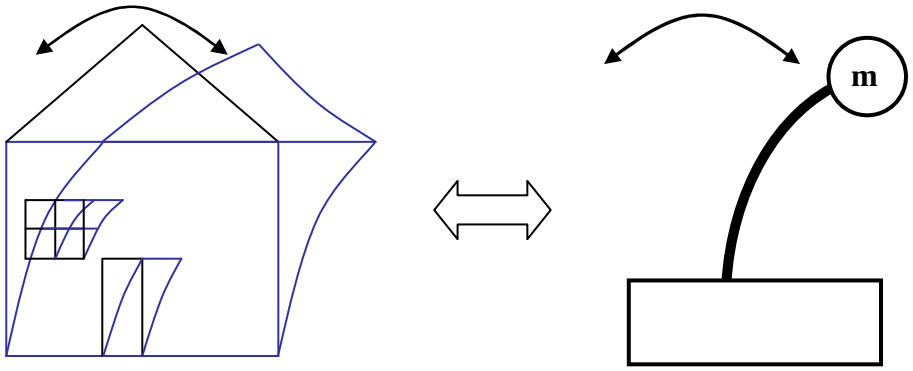
Spectres de réponse spécifiques aux différentes zones identifiées sur la commune de Grans – bâtiment « à risque normal »

D'une manière générale, la vibration du sol induite par le tremblement de terre est représentée par des mouvements sismiques contre lesquels il convient de se prémunir. Ils dépendent à la fois de la région et du site (plaine, vallée, colline, etc.) où l'on se trouve. La réglementation en vigueur définit les mouvements sismiques en fonction du zonage sismique nationale.
Toutefois le Plan de Prévention des Risques (PPR) peut proposer des niveaux de protection différents de ces niveaux forfaitaires. Ces niveaux font suite à une étude technique appelée **« microzonage sismique »** menée à l'échelle communale et peuvent être considérés comme mieux adaptés au contexte sismique local. Cette évaluation de l'aléa local ou « microzonage sismique » se substitue aux mouvements sismiques définis par la réglementation nationale (spectre de réponse).

Spectre de réponse

Les mouvements sismiques sont caractérisés par un spectre de réponse élastique (par la réglementation ou dans le cadre du microzonage), ancré à **période nulle** (T=0) à une accélération de calage (notée $\mathbf{a_g}$ dans les normes EC8 et sur le graphique ci-après) dépendant de la catégorie d'importance de l'ouvrage et du type de sol (zones).
Le spectre de réponse est une courbe représentant l'**accélération maximale** induite par les vibrations sismiques en fonction de la période propre d'un oscillateur harmonique simple (pendule, ressort,…) et de son amortissement critique.
Le spectre de réponse est un outil utilisé par les **concepteurs** d'ouvrage (bâtiments, ouvrage d'art…).

La période propre : Pour un pendule de masse m, par exemple, lorsque celui-ci est écarté de sa position d'équilibre au repos puis relâché, la période propre correspond à la durée séparant deux passages consécutifs par le même point, dans le même sens. La période propre d'un oscillateur harmonique correspond à la durée d'une oscillation libre.



Bâtiment *Oscillateur harmonique*

L'intérêt principal du spectre de réponse vient de ce qu'en première approximation, un bâtiment ou un ouvrage peut être assimilé à un oscillateur simple (pendule, ressort,…) : la seule connaissance de sa période propre T (liée au type de structure, à la taille et aux propriétés du matériau constitutif) et de son amortissement (lié au matériau et aux dispositions constructives) permet d'estimer l'accélération, la vitesse et le déplacement maximaux subis par l'ouvrage, et, par conséquent, les forces et contraintes à l'intérieur de la structure.

L'expression des équations des différentes branches du spectre de réponse est standardisée. Le spectre de réponse est entièrement déterminé par la connaissance de l'accélération d'ancrage (accélération à la période nulle **agr**) et des valeurs des périodes caractéristiques des branches du spectres {**TB**, **TC** et **TD**} ainsi que des paramètres (**S**, **γ_I**, **η**) définies dans le tableau ci-après.

Article 3.2.2.2 (1)P (Eurocode 8-1)

Les branches du spectre de réponse élastique $S_e(T)$ sont définies par les équations suivantes:

Période	Equation
0 < T < TB	$Se(T)= agr.S.\gamma_I.[1 + T/TB (\eta. p -1)]$
TB < T < TC	$Se(T)= agr.S.\gamma_I.\eta. p$
TC < T < TD	$Se(T)= agr.S.\gamma_I.\eta. p.(TC /T)$
TD < T	$Se(T)= agr.S.\gamma_I.\eta. p (TC .TD /T^2)$

S_e (T) ordonnée du spectre de réponse élastique,
T période de vibration d'un système à un degré de liberté,
a_{gr} accélération de calcul au niveau d'un sol de classe A,
T_B, T_C, T_D périodes caractéristiques des branches du spectre,
T_B : limite inférieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante,
T_C : limite supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante
T_D : valeur définissant le début de la branche à déplacement constant
S paramètre du sol,
γ_I coefficient d'importance du bâtiment,
η coefficient de correction d'amortissement (η=1 pour l'amortissement 5%).
p Coefficient dépendant de la zone lithologique

Tableau 1 : formule des branches du spectre de réponse élastique en représentation standard (Eurocode 8)

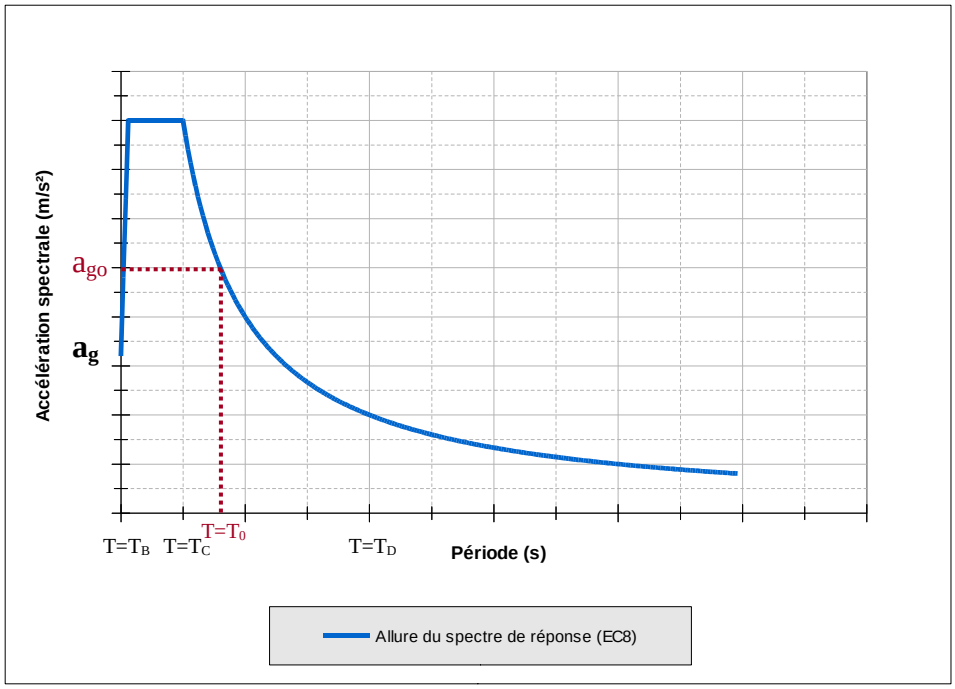


Illustration 1 : Allure du spectre de réponse élastique selon l'EC8

Pour une période propre donnée d'un bâtiment (de typologie simple), il est possible, à partir du spectre de réponse élastique (courbe), de connaître l'accélération maximale de référence subie par le bâtiment. Cette connaissance permet de dimensionner ce dernier afin qu'il puisse résister aux secousses sismiques. Exemple de l'illustration 1: pour une période T_0, on peut facilement déterminer, par simple lecture graphique, la valeur de l'accélération a_{g0}.

La prise en compte d'un mouvement sismique, défini sous la forme d'un spectre de réponse élastique est obligatoire pour les bâtiments de catégorie d'importance II, III et IV (notamment en zone de sismicité 4, Grans). Néanmoins, pour les bâtiments de catégorie d'importance II de configuration « simple » remplissant les conditions du paragraphe 1.1 (Domaine d'application) de la norme « NF P 06-014 mars 1995 amendée A1 février 2001 des règles simplifiées adaptées (dites règles PS-MI) peuvent se substituer aux règles générales.

Spectres de réponse issus du microzonage

L'aléa sismique concerne l'ensemble du territoire communal. Le spectre de réponse élastique à 5% du sol rocheux (zone Z1) proposé par le CEREMA est celui de l'aléa régional (sol de classe A au sens de la norme NF EN 1998-1 – Eurocode 8-, bâtiment de catégorie d'importance II)) défini par la réglementation nationale. Pour les zones à effet de site lithologique, le bureau d'études a réalisé un calcul numérique afin de déterminer les spectres de réponse élastique propres aux zones soumises aux effets de site lithologiques (zone Z3, Z4 et Z5). Ce microzonage modifie les spectres de réponse normatifs de la réglementation nationale pour les zones à effets de site.

Les spectres de réponse élastique issus du microzonage sont caractérisés par :

- ✓ un paramètre de calage a_{gr} égale à 1.6 m/s², traduisant la composante locale liée aux sources sismiques à considérer,
- ✓ un type de site, correspondant à une forme spectrale, propre à chacune des configurations locales capables de modifier le mouvement vibratoire caractérisé par le paramètre de sol S,
- ✓ une catégorie d'importance de l'ouvrage caractérisé par un coefficient d'importance γ_I (les bâtiments sont classés en quatre catégories d'importance croissante de la catégorie I à faible enjeu (hangar agricole par exemple) à la catégorie IV regroupant les bâtiments nécessaire à la gestion de crise,
- ✓ des cœfficients caractéristiques de chaque zone (T_B, T_C, T_D, p).

Ils respectent le mode de représentation de l'action sismique défini dans l'article 3.2.2.2(1)P de l'Eurocode 8-1 (tableau 1).

Les spectres de réponse spécifiques sont représentés pour un ouvrage de catégorie d'importance II (γ_I =1) et un amortissement de 5%.

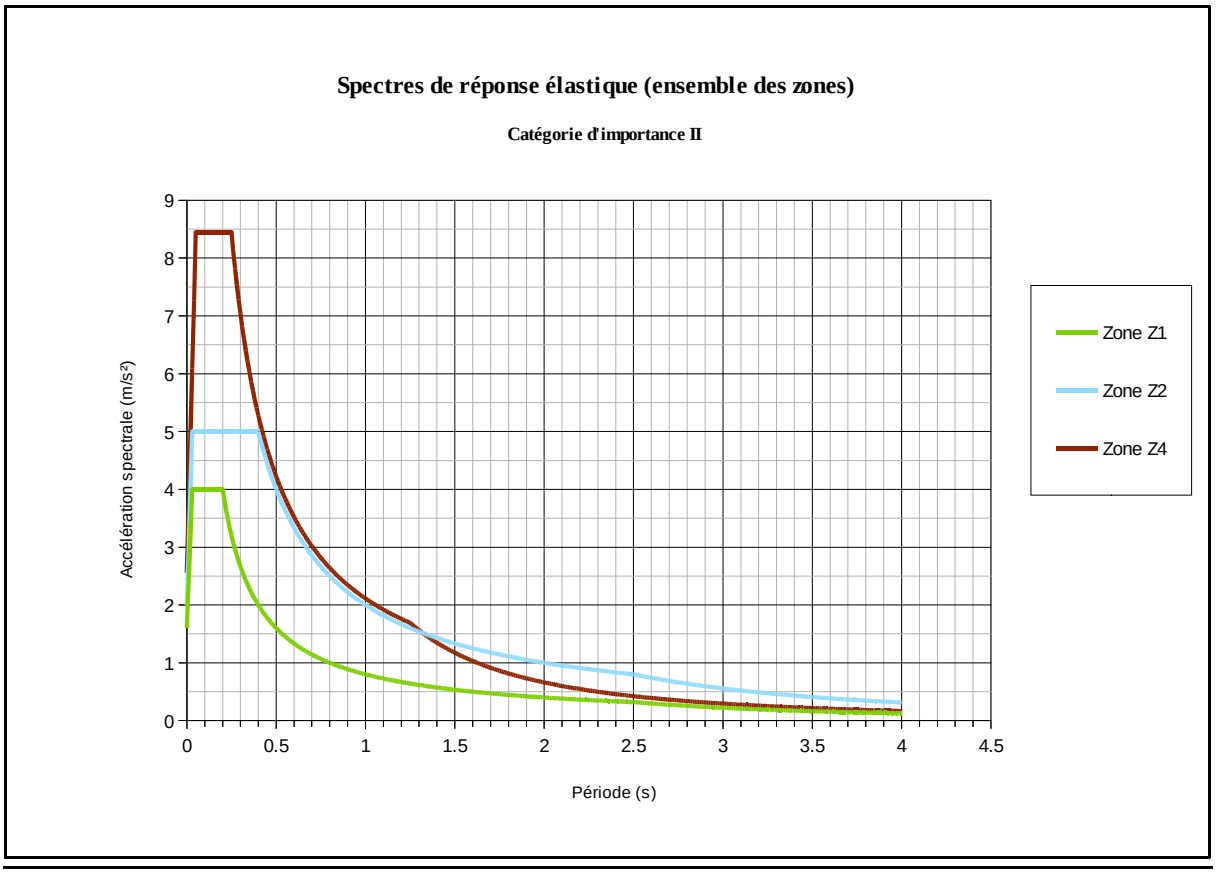
a_{gr} est l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol de classe Z1 (sol de type rocheux, S=1) et γ_I le coefficient d'importance attribué au bâtiment en fonction de sa catégorie d'importance.
En effet, pour les bâtiments de catégorie d'importance I, III et IV (risque normal), il faut appliquer à ces spectres un coefficient multiplicatif γ_I donné par la réglementation en vigueur au moment du dépôt du permis de construire. La réglementation en vigueur le jour de l'approbation du présent Plan de prévention des Risques (PPR) fixe ces coefficients à 0,8 (catégorie I), 1,2 (catégorie III) et 1,4 (catégorie IV).

Pour l'application des règles parasismiques, l'ordonnée du spectre spécifique de chaque zone proposée dans le règlement du Plan de Prévention des Risques (PPR), devra être multipliée par le coefficient d'importance γ_I de l'ouvrage.

Le spectre de calcul pour l'analyse élastique (référence 3.2.2.5 NF EN 1998-1) est déduit à partir des valeurs des paramètres S, TB, TC et TD fixées dans le présent règlement. En cas de représentation temporelle de l'action sismique conformément à l'article 3.2.31 de NF EN 1998-1, les accélérogrammes employés doivent correspondre aux spectres de réponses élastiques définis dans le présent document.

Les valeurs de S, T_B, T_C et T_D sont indiquées dans les tableaux figurant sous les spectres de réponse élastique et les équations des branches des spectres applicables sur le territoire communal sont détaillées pour chaque zone lithologiquement homogène.

Spectres de réponse pour un ouvrage de catégorie d'importance II et un amortissement de 5%
Ensemble des zones
Commune de Grans



Zone	S	T_B	T_C	T_D	p	a_{gr} (m/s²)	APN[1] (m/s²)
Z1	1,0	0,03	0,2	2,5	2,5	1,6	1,6
Z2	1,25	0,03	0,4	2,5	2,5	1,6	2,0
Z4	1,6	0,05	0,25	1,25	3,3	1,6	2,56

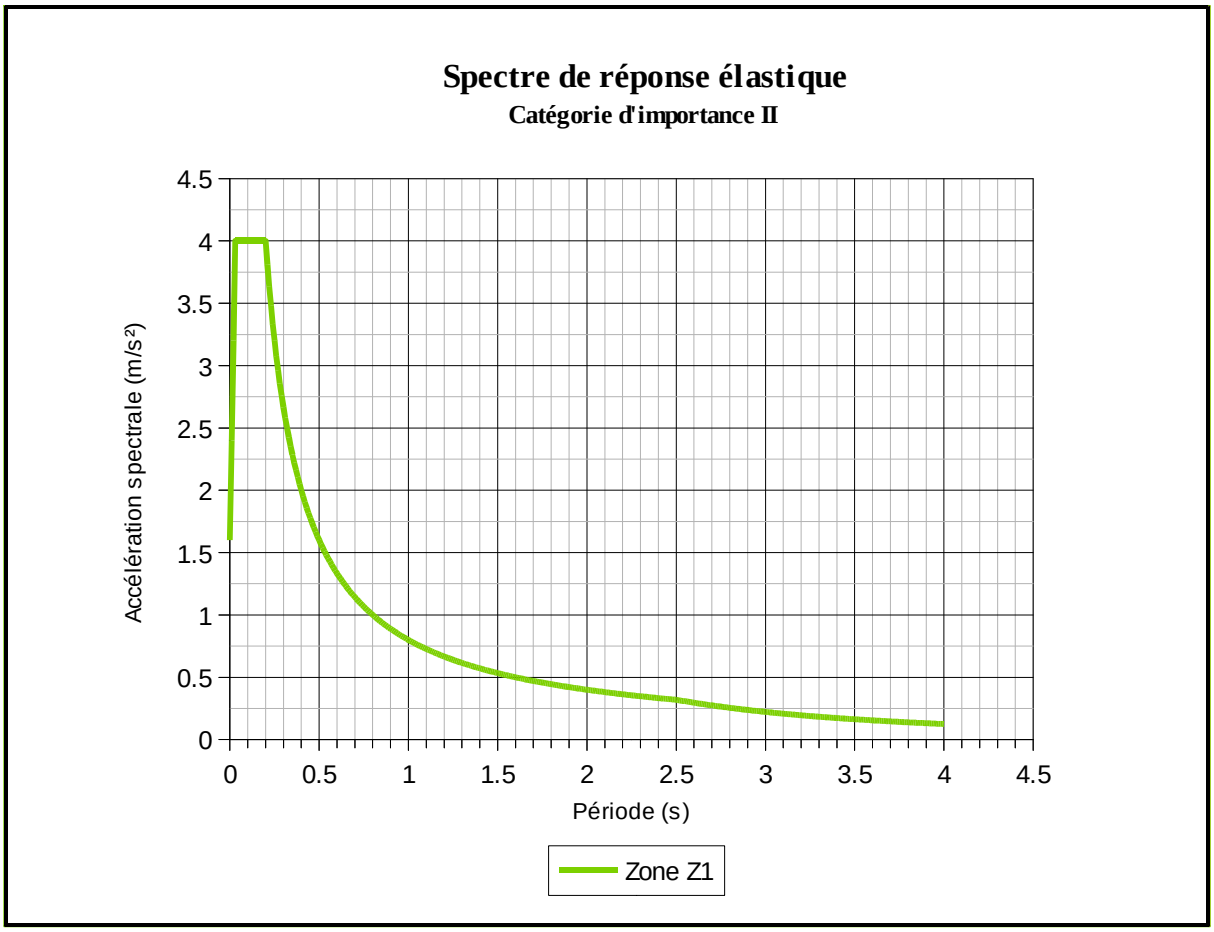
Tableau 2 : Paramètres des spectres de l'ensemble des zones présentes sur le territoire communal

NOTE - Pour l'application des règles parasismiques, l'ordonnée du spectre de chaque zone, doit être multipliée par le cœfficient d'importance γ_I de l'ouvrage.

[1] Accélération à période nulle (agr.S)

Spectre de réponse horizontal élastique
pour un ouvrage de catégorie d'importance II et un amortissement de 5%

Zone Z1 (zones rocheuses)



Zone	S	T_B	T_C	T_D	p	a_{gr} (m/s²)	APN[2] (m/s²)
Z1	1,0	0,03	0,2	2,5	2,5	1,6	1,6

Tableau 3 : Paramètres du spectre de la zone 1

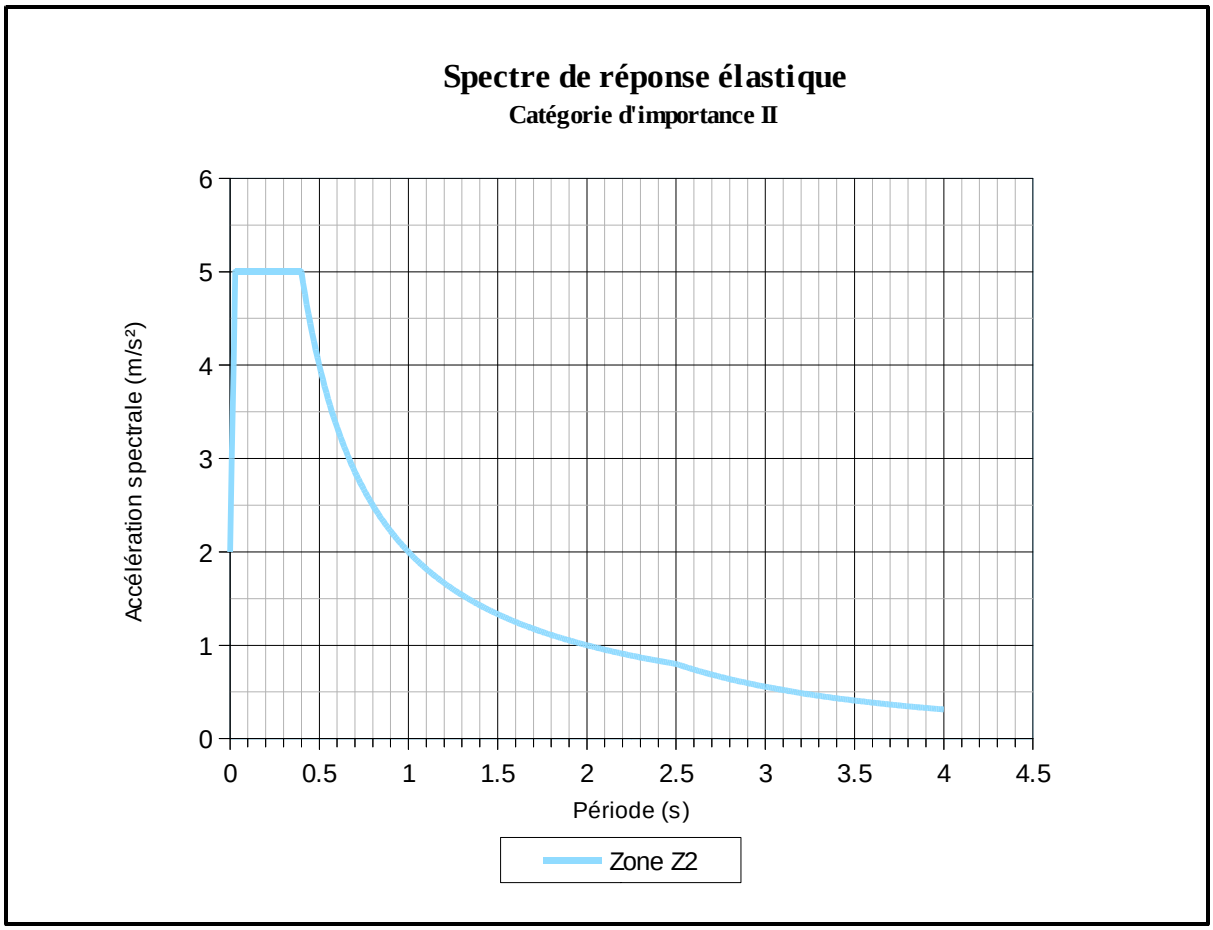
Zone 1				
Grans Zone de sismicité moyenne (a_{gr} = 1,6 m/s²)	Equation des branches des spectres de réponses élastiques (m/s²)			
	Catégorie d'importance I (m/s²)	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche (0 à T_B) Plateau (T_B à T_C) Branche (T_C à T_D) Branche ($T > T_D$)	Se(T) = 1,28 + 64T Se(T) = 3,2 Se(T) = 0,64/T Se(T) = 1,6/T²	Se(T) = 1,6 + 80T Se(T) = 4 Se(T) = 0,8/T Se(T) = 2/T²	Se(T) = 1,92 + 96T Se(T) = 4.8 Se(T) = 0,96/T Se(T) = 2,4/T²	Se(T)= 2,24+ 112T Se(T) = 5,6 Se(T) = 1,12/T Se(T) = 2,8/T²

Tableau 4 : Equation des différentes branches pour la zone 1

[2] Accélération à période nulle (agr.S)

Spectre de réponse horizontal élastique
pour un ouvrage de catégorie d'importance II et un amortissement de 5%

Zone Z3 (Bassin Miocène et Eboulis)



Zone	S	T_B	T_C	T_D	p	a_{gr} (m/s²)	APN[3] (m/s²)
Z2	**1,25**	**0,03**	**0,4**	**2,5**	**2,5**	**1,6**	**2,0**

Tableau 5 : Paramètres du spectre de la zone 2

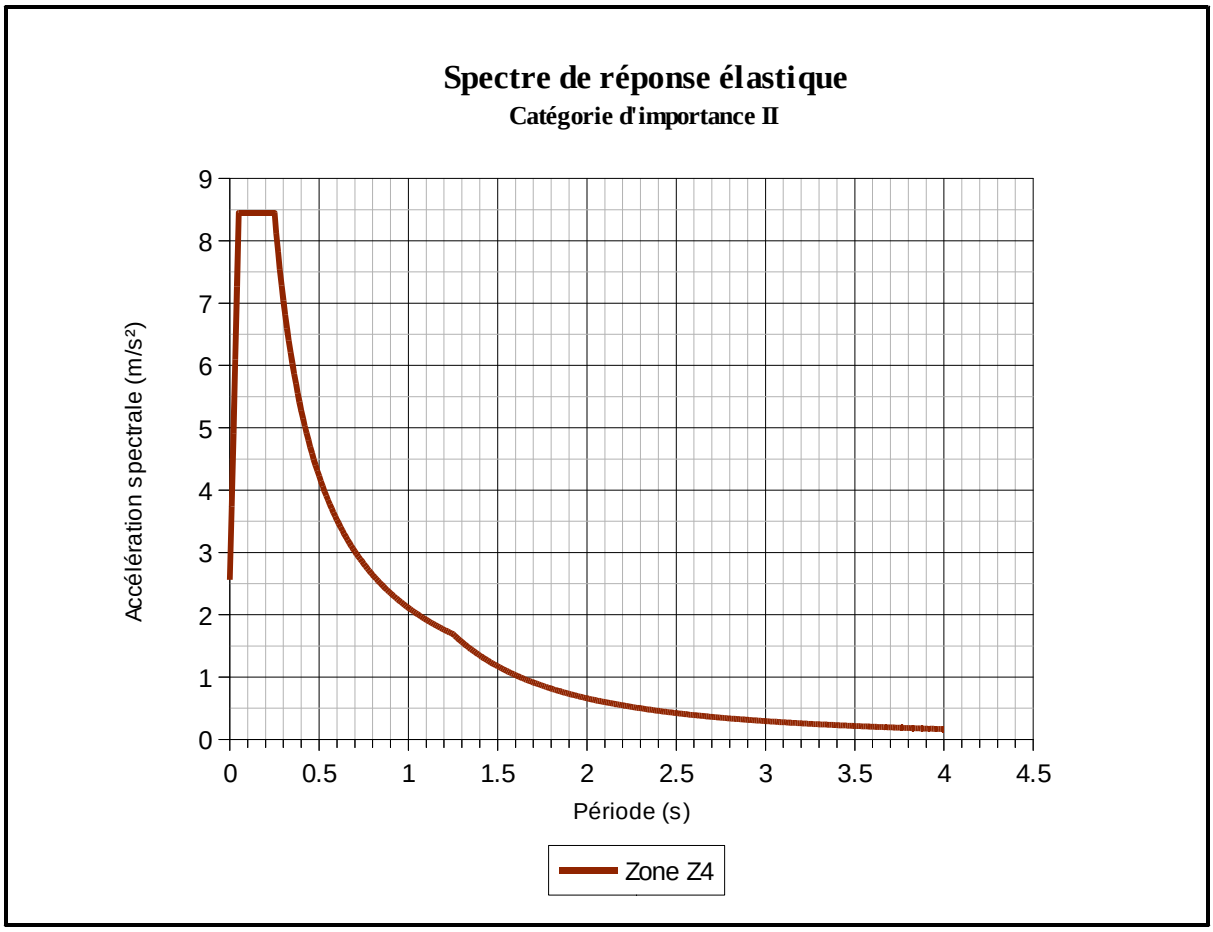
Zone 2				
Grans Zone de sismicité moyenne (a_{gr} = 1,6 m/s²)	Equation des branches des spectres de réponses élastiques (m/s²)			
	Catégorie d'importance I (m/s²)	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche (0 à T_B) Plateau (T_B à T_C) Branche (T_C à T_D) Branche ($T > T_D$)	Se(T) = 1,6+ 80T Se(T) = 4 Se(T) = 1,6/T Se(T) = 4/T²	Se(T) = 2 + 100T Se(T) = 5 Se(T) = 2/T Se(T) = 5/T²	Se(T) = 2,4 + 120T Se(T) = 6 Se(T) = 2,4/T Se(T) = 6/T²	Se(T)= 2,8 + 140T Se(T) = 7 Se(T) = 2,8/T Se(T) = 7/T²

Tableau 6 : Equation des différentes branches pour la zone 2

[3] Accélération à période nulle (agr.S)

Spectre de réponse horizontal élastique
pour un ouvrage de catégorie d'importance II et un amortissement de 5%

Zone Z4 (Alluvions de la Touloubre)



Zone	S	T_B	T_C	T_D	p	a_{gr} (m/s²)	APN[4] (m/s²)
Z4	1,6	0,05	0,25	1,25	3,3	1,6	2,56

Tableau 7 : Paramètres du spectre de la zone 4

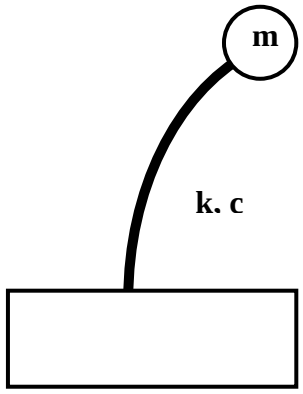
Zone 4				
Grans Zone de sismicité moyenne (a_{gr} = 1,6 m/s²)	Equation des branches des spectres de réponses élastiques (m/s²)			
	Catégorie d'importance I (m/s²)	Catégorie d'importance II (m/s²)	Catégorie d'importance III (m/s²)	Catégorie d'importance IV (m/s²)
Branche (0 à T_B) Plateau (T_B à T_C) Branche (T_C à T_D) Branche ($T > T_D$)	Se(T) = 2,05 + 94,21T Se(T) = 6,76 Se(T) = 1,69/T Se(T) = 2,12/T²	Se(T) = 2,56 + 117,76T Se(T) = 8,45 Se(T) = 2,12/T Se(T) = 2,64/T²	Se(T) = 3,08 + 141,32T Se(T) = 10,14 Se(T) = 2,54/T Se(T) = 3,17/T²	Se(T)= 3,59 + 164,87T Se(T) = 11,83 Se(T) = 2,96/T Se(T) = 3,70/T²

Tableau 8 : Equation des différentes branches pour la zone 4

[4] Accélération à période nulle (agr.S)

Méthode du spectre de réponse

Dans le cas le plus simple, le comportement d'un bâtiment sous sollicitation sismique est assimilable à celui d'un oscillateur harmonique caractérisé par sa masse m, sa constante de raideur ou rigidité k et une constante d'amortissement visqueux c.



Oscillateur à un degré de liberté[5]

L'équation du mouvement à laquelle obéit l'oscillateur est la deuxième équation de Newton (appelé également relation fondamentale de la dynamique) :

$$\sum F_{ext} = m\ddot{x}_a$$

Avec F_{ext} les forces extérieures agissant sur le corps
m la masse,
$\ddot{x}_a$ l'accélération absolue

soit $-c\dot{x} - kx = m\ddot{x}_a$

avec $f = -c\dot{x}$ force de frottement et $F = -kx$ force de réaction du ressort (ou de la structure) pour le cas d'un oscillateur simple linéaire.

L'équation devient dans les cas de l'oscillateur harmonique :

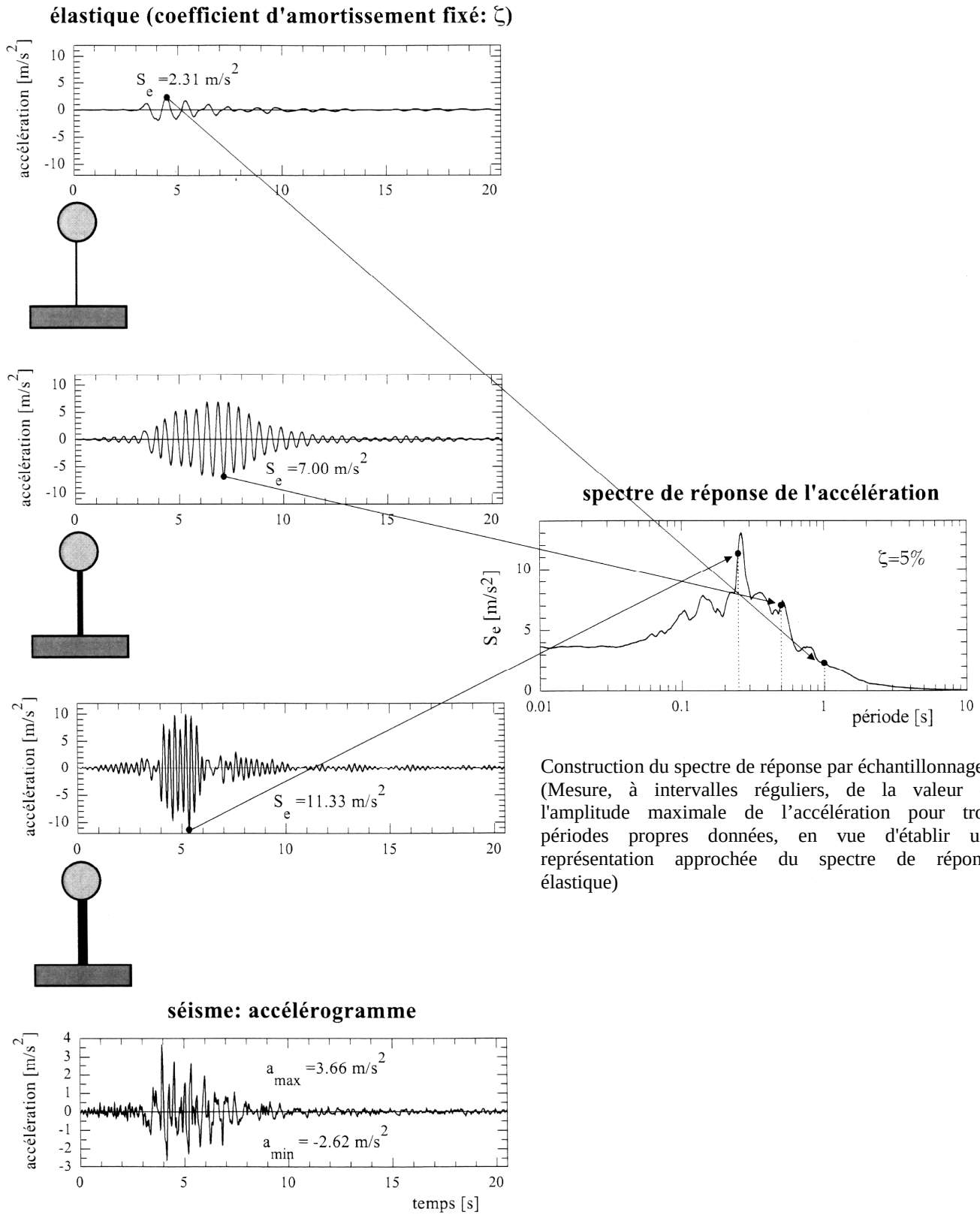
$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = -m\ddot{x}_g$ (1)

avec $x = x_a - x_g$ le déplacement relatif et x_g le déplacement du sol (sollicitation sismique).

[5] Une seule grandeur varie, la longueur pour un ressort (allongement), l'angle pour un pendule... le nombre de variables indépendantes qui permettent de décrire le système (ressort, pendule,…) est égale à 1 ici. On parle de *système à un degré de liberté*

Outil de l'ingénieur:

Augmentation de la rigidité (périodes propres décroissantes)

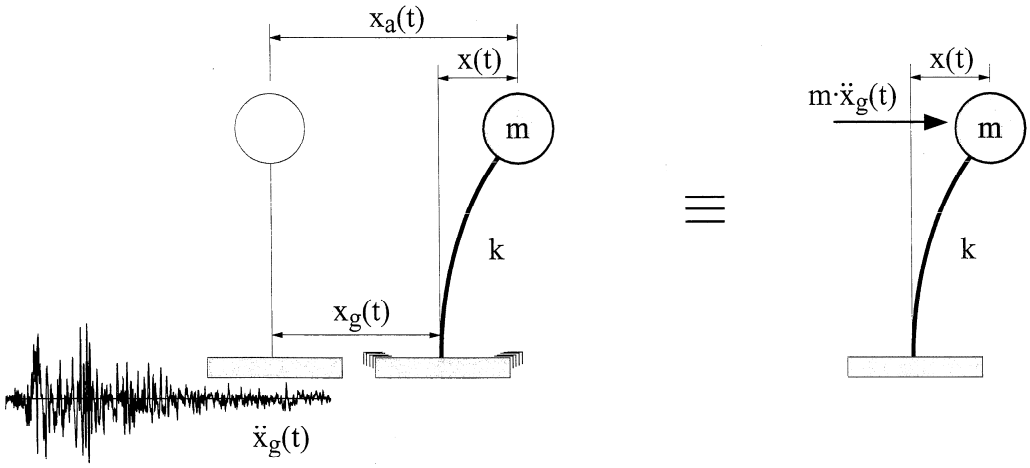


Construction du spectre de réponse par échantillonnage (Mesure, à intervalles réguliers, de la valeur de l'amplitude maximale de l'accélération pour trois périodes propres données, en vue d'établir une représentation approchée du spectre de réponse élastique)

Exemple de construction d'un spectre de réponse élastique
Calcul de la réponse en accélération de trois oscillateurs de période propre différente (équivalent à trois bâtiments « simple » de rigidité différente) pour un séisme donné (accélérogramme) et report des valeurs maximales estimées en vue d'établir le spectre de réponse.

Source Génie parasismique semestre d'été 2007 EPFL-ENAC-SGC. P. Lestuzzi

Equivalence pour la détermination des déplacements relatifs:



Source « Génie parasismique – Conception et dimensionnement des bâtiments » Auteurs : P. Lestuzzi et M.Badoux

Construction du spectre de réponse :

En résolvant l'équation (1) pour un accélérogramme de référence $\ddot{x}_g(t)$, la valeur du déplacement relatif $x(t)$ est établie à chaque instant.

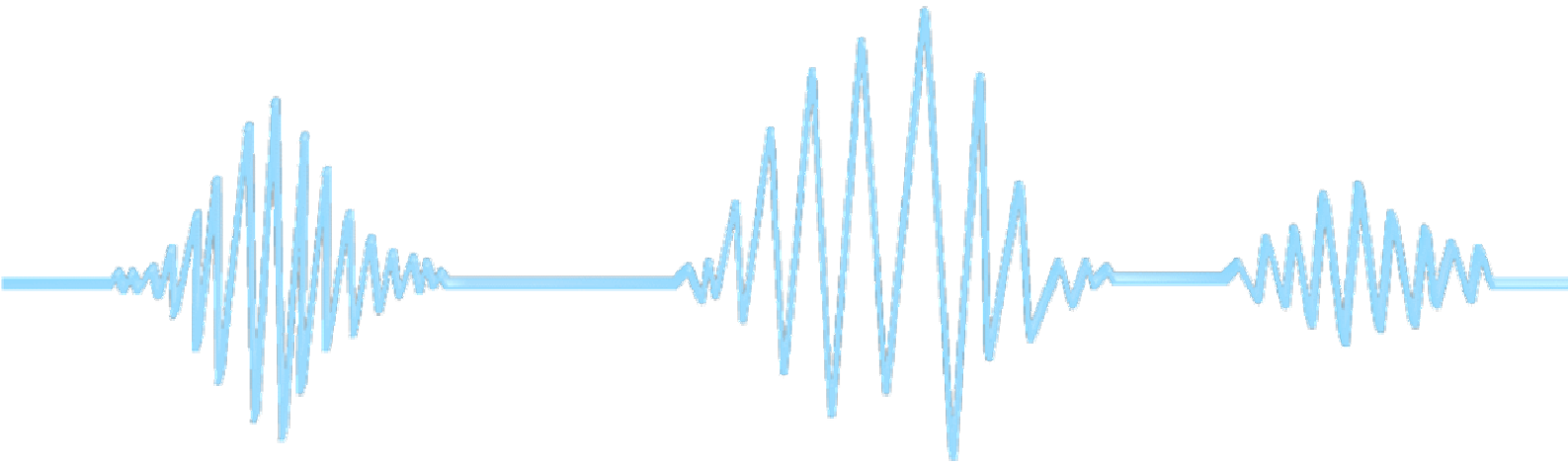
$F(t) = -kx(t) = -m\omega^2 x(t) = -m\beta(t)$ avec la pulsation $\omega = (\frac{k}{m})^{1/2}$ par définition.

Le résultat $F(t) = -m\beta(t)$ est équivalent à l'équation d'un oscillateur harmonique soumis à une pseudo-accélération. La valeur maximale de $\beta(t)$ est alors reportée sur un diagramme $(\beta(T), T)$ avec $\beta(T) = \max \beta(t)$ pour une valeur de période propre T donnée[6] (soit une masse m et une rigidité k données). On fait varier la valeur propre de l'oscillateur[7] $T = \frac{2\pi}{\omega}$ et on obtient le spectre de réponse de l'accélération (diagramme $(\beta(T), T)$).

[6] La période propre T d'un oscillateur correspond à la période d'oscillation libre non amorti et est égale à $\frac{2\pi}{\omega}$.

[7] Cela revient à faire varier la masse m et la rigidité k et à résoudre l'équation (1) pour un nouveau couple (m, k) soit pour une nouvelle valeur de la période propre T.

ANNEXE 4-4
Réglementation parasismique nationale
Eurocode 8 / PS-MI



Cette annexe synthétise la réglementation parasismique nationale en vigueur à la date d'approbation du présent PPR. La réglementation étant susceptible d'évoluée (modification ou abrogation/promulgation de décrets, d'arrêtés…), nous recommandons de se référer aux textes réglementaires en vigueur consultables et téléchargeables sur Internet.

Cadre général de la réglementation parasismique

La réglementation parasismique nationale s'appuie principalement sur les articles R.563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifié par le **décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010**. Elle distingue deux grands types d'ouvrages, les ouvrages « à risque normal » et les ouvrages à « risque spécial » (article R. 563-2 du Code de l'Environnement).

Risque normal et risque spécial

- ✓ La première classe dite « à risque normal » regroupe les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.
- ✓ La seconde classe dite « à risque spécial » correspond aux bâtiments, équipements et installations pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement de dommages, mêmes mineurs, peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat desdits bâtiments, équipements et installations. Il s'agit notamment des barrages ou centrales nucléaires qui sont soumis à des recommandations de sûreté particulières, mais aussi de certains équipements et installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE) qui font l'objet d'une réglementation particulière.

Les ouvrages ne comprennent pas uniquement les bâtiments mais aussi les ponts, les équipements (canalisations et tuyauteries aériennes et enterrées, silos et les réservoirs de stockage…), les ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement)…

Le zonage sismique

Le décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique nomme et hiérarchise les zones de sismicité du territoire :

- ✓ Zone de sismicité 1 (très faible) ;
- ✓ Zone de sismicité 2 (faible) ;
- ✓ Zone de sismicité 3 (modérée) ;
- ✓ Zone de sismicité 4 (moyenne) ;
- ✓ Zone de sismicité 5 (forte).

Le territoire national est divisé selon les cinq zones de sismicité croissante (définie par le décret cité ci-dessus) suivant un découpage communal par le **décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010** codifié à l'article D. 5638-1 du Code de l'Environnement. (voir carte ci-après).

La zone de sismicité forte (zone 5) concerne uniquement les Antilles

La commune de Grans est classée en zone de sismicité moyenne (zone 4), la plus forte de la métropole.

Classification des ouvrages

Les ouvrages « à risque normal » sont répartis en quatre catégories d'importance définies en fonction du risque encouru par les personnes ou du risque socio-économique causé par leur défaillance.

Le décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 modifiant des articles du Code de l'Environnement permet une classification des ouvrages « à risque normal » en donnant une définition de chaque catégorie d'importance :

- Catégorie d'importance I : ouvrages dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique.
- Catégorie d'importance II : ouvrages dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes,
- Catégorie d'importance III : ouvrages dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique,
- Catégorie d'importance IV : ouvrages dont le comportement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public (gestion de crise).

Les catégories d'importance des ouvrages sont précisées dans les arrêtés relatifs à chaque type d'ouvrage : bâtiments, ponts, équipements …

A ce jour, les ouvrages « à risque normal » ne sont pas classés en catégories d'importance.

Normes de construction parasismique

L'Eurocode 8 s'inscrit dans un vaste projet d'Eurocodes structuraux, visant à harmoniser les techniques de construction dans l'Union Européennes.

Cet ensemble de normes européennes concerne la conception, le dimensionnement, la mise en œuvre des bâtiments et des structures de génie civil.

Les normes Eurocode 8 dites EC8, dédiées au séisme, comportent six parties et ont été transposées en norme française NF. Sur chacune des six parties, viennent s'insérer des annexes nationales qui fixent certains paramètres de calcul pour un pays donné: par exemple, en France, l'annexe nationale de la NF EN 1998-1 intitulée NF EN 1998-1/NA (NA pour "national annex" en anglais).

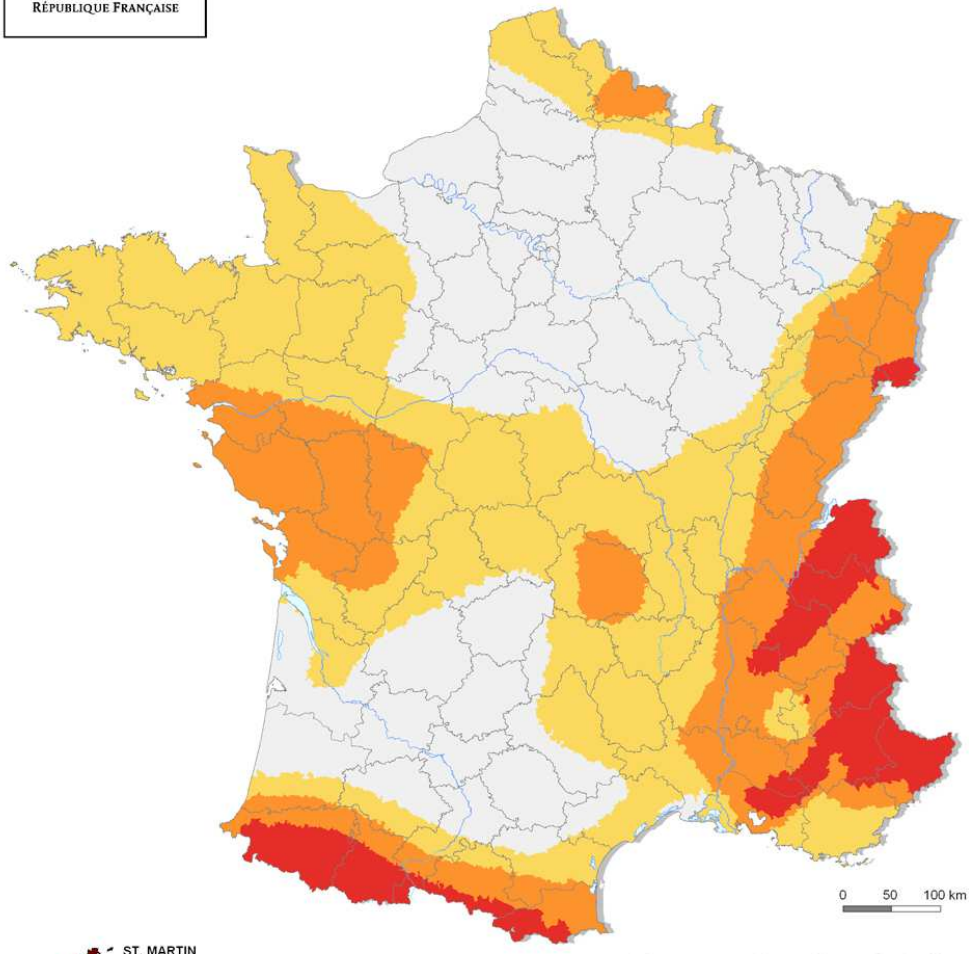
Eurocode 8 Calcul des structures pour leur résistance aux séismes		
Parties de la norme		Annexes nationales
Partie 1 NF EN 1998-1	règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments	NF EN 1998/1 NA
Partie 2 NF EN 1998-2	ponts	NF EN 1998/2 NA
Partie3 NF EN 1998-3	évaluation et renforcement des bâtiments (existants)	NF EN 1998/3 NA
Partie 4 NF EN 1998-4	silos, réservoirs et canalisations	NF EN 1998/4 NA
Partie 5 NF EN 1998-5	fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques	NF EN 1998/5 NA
Partie 6 NF EN 1998-6	tours, mâts et cheminées	NF EN 1998/6 NA

Tableau 1 : Eurocode 8

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Zonage sismique de la France

en vigueur depuis le 1er mai 2011
(art. D. 563-8-1 du code de l'environnement)















Zones de sismicité

- 1 (très faible)
- 2 (faible)
- 3 (modérée)
- 4 (moyenne)
- 5 (forte)





Réglementation parasismique relative aux bâtiments « à risque normal »

Le cadre législatif et réglementaire

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

Le **décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010**, relatif à la prévention du risque sismique (codifiée aux articles R. 563-1 à 8 du Code de l'Environnement).

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

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

L'**arrêté du 22 octobre 2010** relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » (modifié depuis par divers arrêtés)
L'arrêté du 22 octobre 2010[1] définit les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à risque normal ». Les exigences et règles de construction contenues dans cet arrêté sont applicables pour tout permis de construire déposé après le 1er mai 2011, date d'entrée en vigueur de l'arrêté. Il précise les catégories d'importance à attribuer aux bâtiments. La protection des bâtiments est modulée en fonction de l'**enjeu** associé au bâtiment et de l'agression sismique à prendre en compte (**aléa**).

L'aléa – le zonage sismique et accélération de référence au rocher

Pour rappel, le territoire national est divisé actuellement en cinq zones de sismicité croissante basées sur un découpage communal au sens du décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010.

I une zone de sismicité très faible (1) où il n'y a pas de prescription parasismique particulière pour les bâtiments « à risque normal » mais prise en compte de l'aléa sismique dans les installations « à risque spécial » (installations classées),

II quatre zones de sismicité faible (2), modérée (3), moyenne (4) et forte (5), où les règles de construction parasismique sont applicables pour les bâtiments.

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

La commune de Grans est classée en **zone de sismicité 4**.

Accélération de référence au rocher

L'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010 fixe l'accélération de référence au rocher permettant le dimensionnement des structures. Pour la commune de Grans, en **zone de sismicité 4,** cette accélération a pour valeur $\mathbf{a_{gr} = 1,6\ m/s^2}$**.**

La valeur de calage du « microzonage sismique[2] » est identique à l'accélération d'ancrage proposée pour les sites rocheux dans la nouvelle réglementation nationale.

[1] Modifié par les arrêtés des 19 juillet 2011, 25 octobre 2012 et 15 septembre 2014.

[2] Evaluation locale au niveau de la commune de Grans de l'aléa sismique « se substituant » à l'aléa régional défini par la réglementation nationale. Se reporter à l'annexe 4-3 concernant les spectres de réponse et au rapport de présentation.

Les enjeux – Classification des bâtiments « à risque normal »

L'article 2 de l'arrêté du 22 octobre précise les catégories d'importance des bâtiments « à risque normal » (tableau de synthèse ci-après)

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

Tableau 2 : Catégorie d'importance des bâtiments[3]

Si plusieurs parties d'un même bâtiment ne relèvent pas des mêmes catégories d'importance, la catégorie la plus contraignante l'emporte.

Afin de connaître la catégorie d'importance d'un bâtiment, se reporter au texte réglementaire : L'**arrêté du 22 octobre 2010** relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

[3] Se reporter à l'arrêté du 22 octobre 2010 pour la définition exacte des catégories d'importance des bâtiments

L'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010 définit les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à risque normal ». Cet arrêté impose l'Eurocode 8 (EC8) comme nouvelles règles de construction parasismique depuis le 1er mai 2011. Toutefois, la réglementation autorise le recours à des règles simplifiées (les règles PS MI-89 révisées 92) pour les constructions de typologie « simple »[4] en lieu et place des normes EC8.

Dans tous les cas, les autres règles induites par l'utilisation de ces règles de construction et notamment les règles de l'art sont à appliquer :

DTU, autres Eurocodes,…

Règles de construction parasismique applicables aux bâtiments « à risque normal »

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

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

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

NF EN 1998-3, décembre 2005. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments.

NF EN 1998-3/NA, janvier 2008. Annexe nationale à la NF EN 1998-3 : 2005. Évaluation et renforcement des bâtiments.

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

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

- ✓ La norme **NF P 06-014** dite règles **PS-MI 89 révisées 92** sont des règles forfaitaires auxquelles il est possible de recourir pour les bâtiments de typologie les plus simples

Norme NF P 06-014 mars 1995 amendée A1 février 2001 « Construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés - Règles PS-MI 89 révisées 92

Les règles PS-MI sont applicables aux bâtiments de catégorie d'importance II dans les zones de sismicité 3 et 4, respectant **notamment** les conditions suivantes :

- ✓ Le bâtiment comporte au plus un rez-de-chaussée, un étage et un comble, construits sur terre-plein ou sur sous-sol,
- ✓ La hauteur « h » du plancher du comble ou de la terrasse, mesurée à partir du plancher du rez-de-chaussée, n'excèdera pas 3,30 m dans le cas d'une construction en rez-de-chaussée, ou 6,60 m dans le cas d'une construction à étages,
- ✓ Les planchers seront prévus pour des charges d'exploitation inférieures ou égales à 2,5 kN par m2.

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

Les informations complètes sur le domaine d'applicabilité des règles PS-MI sont à consulter dans la norme susmentionnée.

[4] Pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du paragraphe 1.1 de la norme NF 06 014 mars 1995 amendée A1 février 2001 (construction parasismique des maisons individuelles et des bâtiments assimilés, règles PS-MI 89 révisées 92), l'application de ces règles dispense de l'application de l'Eurocode 8.

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

En cas d'utilisation des règles simplifiées PS-MI, les spectres de réponse (effet de site lithologique) et l'effet de site topographique ne sont pas pris en compte. Par contre, avant de pouvoir utiliser ces règles, le risque de liquéfaction doit être évalué (étude géotechnique) dans les zones identifiées comme potentiellement liquéfiables par le CEREMA. Si ce phénomène est avéré, les règles PS-MI ne peuvent être utilisées et ce sont alors les règles Eurocode 8 qui doivent être mises en oeuvre.

Ces dernières règles de construction prennent en compte les effets se site lithologiques et topographiques via les spectres de réponse (coefficients d'amplification).

Le croisement Aléa – catégorie d'importance - Exigence de la réglementation

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

La réglementation parasismique nationale impose l'application de règles de construction parasismique pour les bâtiments neufs et pour les bâtiments existants faisant l'objet de travaux lourds[5].

Exigence de la réglementation pour les bâtiments neufs

Sur la commune de Grans, les règles de construction parasismique s'appliquent pour tous les bâtiments de catégorie d'importance II, III et IV. Pour les bâtiments de catégorie II et respectant certains critères spécifiques, il est possible de recourir aux règles PS-MI 89 révisées 92 en remplacement des règles générales Eurocode 8 (arrêté du 22 octobre 2010).

	Exigences sur le bâti neuf				
	Catégorie d'importance du bâtiment				
	I	II		III	IV
Zone 4	Aucune exigence	PS-MI*	Eurocode 8-01 a_{gr}=1,6 m/s²	Eurocode 8-01 a_{gr} =1,6 m/s²	Eurocode 8-01 a_{gr} =1,6 m/s²

* (sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI)

Tableau 3 : Récapitulatif des exigences de la réglementation pour le bâti neuf

Exigence de la réglementation pour les bâtiments existants

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

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

[5] Les travaux lourds sur l'existant imposant le renforcement parasismique de l'ensemble du bâti sont définies à l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010

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

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

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

Pour la zone de sismicité 4 (commune de Grans), cette obligation concerne:

- ✓ les bâtiments de catégories d'importance II et vérifiant les conditions d'application de la norme NF P 06-014, en cas de travaux ayant pour objet d'augmenter la surface de plancher initiale de plus de 30 %, il sera fait application de la norme NF P 06-014 en utilisant les dispositions applicables dans la zone 3.
- ✓ les bâtiments de catégories d'importance II et ne vérifiant pas les conditions d'application de la norme NF P 06-014, en cas de travaux ayant pour objet d'augmenter la surface de plancher initiale de plus de 30 % ou supprimant plus de 30 % de planchers à un niveau donné, il sera fait application de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 avec la valeur d'accélération a_{gr} = 0,96 m/s².
- ✓ les bâtiments de catégories d'importance III ou IV, en cas de travaux ayant pour objet d'augmenter la surface de plancher initiale de plus de 20 %, ou de supprimer plus de 30 % de planchers à un niveau donné, ou de supprimer plus de 20 % du contreventement vertical, ou de mettre en place des équipements lourds en toiture, il sera fait application de la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 avec la valeur d'accélération a_{gr} = 0,96 m/s².

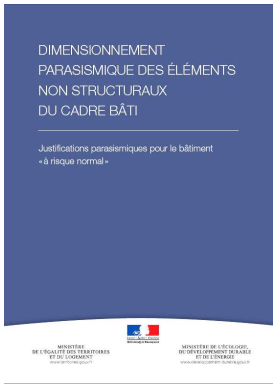
	Cat.	Travaux lourds exigeant un renforcement de l'ensemble du bâtiment modifié	Règles de construction
Zone 4	I	Aucune exigence	
	II	+ de 30% de surface de plancher créée Conditions PS-MI respectées	PS-MI Zone 3
		+ de 30% de surface de plancher créée + de 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8-01 a_{gr} =0,96 m/s²
	III	+ de 20% de surface de plancher créée + de 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8-01 a_{gr} =0,96 m/s²
	IV	+ de 20% du contreventement vertical supprimé Mise en place d'équipements lourds en toiture	Eurocode 8-01 a_{gr} =0,96 m/s²

Tableau 4 : récapitulatif des exigences de la réglementation pour le bâti existant

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

Eléments non structuraux

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



- ✓ Les éléments structuraux (murs, planchers...) assurent la stabilité et la résistance du bâtiment sous l'effet des charges (gravité, vent, séisme...),
- ✓ Les éléments non structuraux (cheminées, cloisons, éléments de façade, plafonds suspendus...) contribuent de façon négligeable à la reprise des efforts dans la structure,
- ✓ Les équipements techniques se caractérisent par des fonctions annexes au clos et couvert, par exemple en assurant des fonctions de confort ou d'exploitation du bâtiment (chauffage, éclairage, distribution d'eau, ascenseurs...).

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

Le guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal » » vient donc expliciter le champ et les principes de l'Eurocode 8 dans sa partie dédiée aux éléments non structuraux du cadre bâti afin de proposer une méthode simplifiée pour l'application des clauses réglementaires. Dans un premier temps, sont définis, à partir de la liste de l'Eurocode 8, les éléments non structuraux du cadre bâti devant faire l'objet d'un traitement parasismique. Le guide précise, dans sa seconde partie, les objectifs de comportement, les principes d'analyse et de vérification ainsi que les paramètres à retenir pour l'application de l'Eurocode 8 aux éléments non structuraux du cadre bâti.

En cas d'ajout ou de remplacement d'éléments non structuraux[6] effectués lors des travaux lourds définis précédemment, le dimensionnement de ces éléments doit respecter les dispositions prévues par la norme NF EN 1998-1 septembre 2005.

Pour en savoir plus sur les exigences de la réglementation concernant les bâtiments « à risque normal », se reporter à l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Vous pouvez également consulter le document « Transmission d'Informations aux Maires (TIM) » présentant le phénomène sismique et la réglementation parasismique nationale téléchargeable sur le site Internet des services de l'Etat dans les Bouches du Rhône :

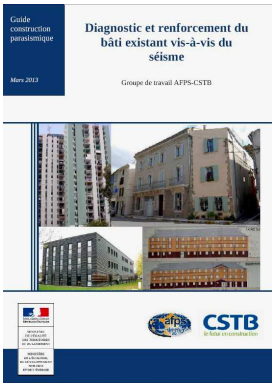
http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/Politiques-publiques/Securite/Securite-civile/La-prevention

Renforcement volontaire

L'arrêté du 22 octobre 2012 laisse la possibilité à un maître d'ouvrage souhaitant renforcer son bâtiment de choisir le niveau de confortement qu'il souhaite atteindre[7].

En cas de travaux visant uniquement à renforcer le niveau parasismique d'un bâtiment, le niveau de dimensionnement de ce renforcement au sens de la norme NF-EN 1998-3 décembre 2005 « évaluation et renforcement des bâtiments » à savoir quasi-effondrement, dommage significatif ou limitation des dommages relève du choix du maître d'ouvrage

[6] Se reporter à l'annexe 4-7 sur les éléments non structuraux. L'arrêté du 15 septembre 2014 apporte une modification concernant les règles applicables aux éléments non structuraux.
[7] Se reporter à l'annexe 4-8 sur le renforcement volontaire du bâti existant.



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

Le contrôle technique des bâtiments

La circulaire du 31 octobre 2000 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique précise que les contrôleurs techniques agréés ne doivent pas être sollicités seulement pour des missions de vérification de la solidité des ouvrages et pour s'assurer de la sécurité des personnes, mais également pour effectuer une mission relative à la sécurité des personnes dans les constructions en cas de séisme.

L'article L. 111-26 du Code de la Construction et de l'Habitation rend obligatoire pour certaines constructions un contrôle technique, notamment en raison de leur localisation dans des zones d'exposition à des risques naturels ou technologiques.

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

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

- ✓ les immeubles situés dans les zones de sismicité 4 (zone de sismicité de la commune de Grans) dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres par rapport au niveau du sol,
- ✓ les bâtiments appartenant aux catégories d'importance III et IV et les établissements de santé situés dans les zones de sismicité 2, 3, 4 ou 5.

Le dossier joint à la demande de permis de construire dans les cas prévus aux alinéas 4 et 5 de l'article R 111-38 susvisé, doit comprendre un document établi par un contrôleur technique attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques (Art. R. 431-16d et arrêté du 10 septembre 2007 relatif aux attestations de prise en compte des règles de construction parasismique à fournir lors du dépôt d'une demande de permis de construire et avec la déclaration d'achèvement de travaux).

A l'issue de l'achèvement des travaux, le maître d'ouvrage doit fournir une nouvelle attestation dans les cas prévus à l'article R 111-38 susvisé stipulant qu'il a tenu compte des avis formulés par le contrôleur technique sur le respect des règles parasismiques (Art. R. 462-4 et A. 462-2 à 4 du Code de l'Urbanisme). L'infraction aux règles de constructions parasismiques est susceptible d'entraîner la responsabilité du maître d'ouvrage et des différents acteurs de la construction.

Il existe également un contrôle régalien du respect des règles de construction mené par les agents de l'État. Ces contrôles peuvent concerner les logements collectifs, les maisons individuelles ainsi que les bâtiments à usage non-résidentiel.

Réglementation parasismique relative aux ponts

L'arrêté du 26 octobre 2011 fixe la réglementation parasismique relative aux ponts de la classe « à risque normal ». Les catégories d'importance des ponts sont spécifiées dans l'article 2 de l'arrêté. Les normes NF EN 1998-2, NF EN 1998-1 et NF EN 1998-5 dites règles Eurocode 8 » accompagnées des documents dits « annexes nationales » des normes NF EN 1998-2/NA, NF EN 1998-1/NA, NF EN 1998-5/NA s'y rapportant s'appliquent aux ponts nouveaux définitifs de catégorie d'importance II, III et IV.

NF EN 1998-2, décembre 2006. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 2 : ponts.

NF EN 1998-2/NA, octobre 2007. Annexe nationale à la NF EN 1998-2 : 2006. Ponts

Guide méthodologique « Ponts en zone sismique - *Conception et dimensionnement selon l'Eurocode 8* » - CEREMA



L'application des règles AFPS 92 avaient nécessité la publication d'un guide par le Sétra en 2000, intitulé "Ponts courants en zone sismique", dont l'objet était d'expliquer la conception parasismique appliquée aux ouvrages d'art. L'introduction de l'Eurocode 8 et de la nouvelle législation sismique nationale a rendu indispensable son actualisation, ainsi que sa généralisation aux ouvrages non-courants.

LE CEREMA a publié un nouveau guide méthodologique intitulé « Ponts en zone sismique - *Conception et dimensionnement selon l'Eurocode 8* ». Au-delà de l'adaptation de l'ancien guide "Ponts courants en zone sismique" vis-à-vis des prescriptions de l'Eurocode 8 et des nouveaux décrets et arrêtés sismiques nationaux publiés en 2010 et 2011, ce nouveau guide a été élargi aux ouvrages non-courants. L'accent a été mis sur les évolutions par rapport aux règles AFPS 92, notamment concernant les méthodes d'analyse avancées (méthode en poussée progressive, analyse temporelle, utilisation de dispositifs spéciaux…) et les dispositions constructives.

L'explication de ces méthodes sur des cas concrets est également une contribution importante du guide.

Ce guide permettra aux ingénieurs et concepteurs de dimensionner les ouvrages d'art vis-à-vis du risque sismique, en appliquant avec discernement les apports de l'Eurocode 8.

Règles de construction parasismique applicables aux équipements « à risque normal »

Au 1er janvier 2015, il n'existe pas de réglementation parasismique propre aux équipements. Cependant, un arrêté visant les équipements « à risque normal » est en cours de rédaction. Les équipements visés sont :

- ✓ les canalisations et tuyauteries aériennes et enterrées,
- ✓ les silos et les réservoirs de stockage,
- ✓ les structures hautes et élancées : les tours (incluant les clochers), les tours d'aspiration, les pylônes (incluant ceux de radio et de télévision), les mâts, les cheminées (incluant les cheminées industrielles auto-portantes), les phares, les antennes.

Il existe d'ores et déjà des règles de construction s'y rapportant : normes NF EN 1998-4 et NF EN 1998-6 accompagnées de leur annexe nationale.

NF EN 1998-4, mars 2007. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 4 : silos, réservoirs et canalisations.

NF EN 1998-4/NA, janvier 2008. Annexe nationale à la NF EN 1998-4 : 2007. Silos, réservoirs et canalisations.
NF EN 1998-6, décembre 2005. Eurocode 8. Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Partie 6 : tours, mâts et cheminées.

NF EN 1998-6/NA, octobre 2007. Annexe nationale à la NF EN 1998-6 : 2005. Tours, mâts et cheminées.

Règles parasismiques applicables aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à déclaration

La définition d'une **installation classée** (ou **ICPE**) est donnée par l'article L511-1 du Code de l'Environnement. Il s'agit des « usines, les ateliers, les dépôts, les chantiers, et d'une manière générale, les installations exploitées ou détenues par toute personne physique ou morale, publique ou privée, qui peuvent présenter des dangers ou des inconvénients soit pour la commodité du voisinage, soit pour la santé, la sécurité, la salubrité publiques, soit pour l'agriculture, soit pour la protection de la nature et de l'environnement, soit pour la conservation des sites et des monuments ainsi que des éléments du patrimoine archéologique ».

Les installations classées à déclaration respectent les dispositions prévues pour les bâtiments, équipements et installations de la classe « à risque normal ». Pour les bâtiments, il s'agit de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ». Un arrêté ministériel fixera les règles parasismiques applicables aux équipements et installations « à risque normal » (canalisations, réservoirs, structures hautes et élancées).

Règles parasismiques applicables aux Installations classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumises à autorisation

Les installations classées peuvent être soumises : « **à autorisation** » ou « **à déclaration** » suivant la gravité des dangers ou des inconvénients que peut présenter leur exploitation (loi n°76-663 du 19 juillet 1976 actuellement codifiée dans les articles L511-1 et suivants du Code de l'Environnement). Parmi les installations classées à autorisation, certaines sont visées par les directives européennes Seveso de 1990 et 1996 et sont classées en deux types : « Seveso seuil bas » et « Seveso seuil haut » en fonction du type et de la quantité de substances dangereuses qu'elles utilisent.

Règles parasismiques applicables aux nouvelles installations classées autorisées avant le 31 décembre 2012

L'arrêté du 10 mai 1993 fixe les règles parasismiques applicables aux installations soumises à la législation sur les installations classées au sein des établissements Seveso « seuil haut » : ce texte définit les procédures permettant d'évaluer le mouvement sismique au niveau des installations concernées.

Règles parasismiques applicables aux installations classées existantes et aux nouvelles installations classées autorisées après le 1er janvier 2013

L'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation modifié notamment par l'arrêté du 24 janvier 2011, l'arrêté du 13 septembre 2013 et l'arrêté du 19 mai 2015, fixe les règles parasismiques applicables aux installations classées soumises à autorisation.

Règles s'appliquant à l'ensemble des installations classées soumises à autorisation

Les installations (Installations classées, soumises à autorisations, équipements au sein d'installations seuil bas ou seuil haut…) mentionnées au premier alinéa de l'article 9 de l'arrêté du 4 octobre 2010 respectent les dispositions prévues pour les bâtiments, équipements et installations de la catégorie dite « à risque normal » (notamment l'arrêté du 22 octobre relatif au bâtiments « à risque normal »).

Règles s'appliquant aux seuls équipements au sein d'installations seuil bas ou seuil haut (définies par l'arrêté du 4 octobre 2010)

Pour les équipements au sein des établissements Seveso « seuil haut » et « seuil bas » (dits « **à risque spécial »**) définis à l'alinéa 2 de l'article 9 de l'arrêté susvisé, l'exploitant élabore une **étude** permettant de déterminer les moyens techniques nécessaires à leur protection parasismique après avoir établi, pour son site, les spectres de réponse élastique (verticale et horizontale) en accélération représentant le mouvement sismique d'un point à la surface du sol au droit de son site sur la base de l'article 12 de l'arrêté du 4 octobre 2010.

Un équipement est considéré bénéficiant de la protection parasismique nécessaire lorsqu'il répond à au moins l'un des deux critères suivants :

- ✓ soit les mouvements sismiques déterminés en application de l'article 12 précité ne peuvent plus mener au (x) phénomène (s) dangereux redouté (s),
- ✓ soit, a minima, il résulte de ces mouvements sismiques des phénomènes dangereux réduits dont les effets graves pour la vie humaine, au sens de l'arrêté ministériel du 29 septembre 2005, ne sortent plus des limites du site sur lequel l'équipement est implanté, ou les zones de dangers graves ainsi déterminées pour ces équipements ne concernent plus, hors du site, que des zones sans occupation humaine permanente.

Contrairement à l'arrêté du 10 mai 1993 abrogé par l'arrêté du 4 octobre 2010 qui renvoyait, pour la détermination des exigences de tenue au séisme des installations, à des études site par site pour définir l'action sismique à prendre en compte, l'arrêté du 24 janvier 2011 fixe des objectifs homogènes sur le territoire national.

Pour les installations nouvelles (autorisées après le 1er janvier 2013), l'arrêté vise à prévenir les accidents qui pourraient être générés par une agression sismique correspondant à une période de retour de 5000 ans. L'étude (mentionnée à l'article 13 de l'arrêté du 4 octobre 2010) est produite au plus tard lors du dépôt du dossier de demande d'autorisation d'exploiter et les moyens techniques nécessaires à la protection parasismique des équipements mentionnés sont mis en œuvre à la mise en service de l'installation.

Pour les installations existantes (autorisées avant le 1er janvier 2013), le niveau d'agression sismique à prendre en compte correspond à une période de retour de 3000 ans. Une étude permettant de déterminer les moyens techniques nécessaires à la protection parasismique doit être produite avant le 31 décembre 2016 pour les installations situées en zone de sismicité 5 et avant le 31 décembre 2019 pour les installations situées en zone de sismicité 1,2 ,3 ou 4.

Avant le 31 décembre 2017, pour les installations existantes situées en zone de sismicité 5, le préfet fixe par arrêté l'échéancier de mise en œuvre des moyens techniques nécessaires à la protection parasismique des équipements mentionnés au deuxième alinéa de l'article 9, sans toutefois dépasser le 1er janvier 2022.

Avant le 31 décembre 2020, pour les installations existantes situées en zone de sismicité 1, 2, 3 ou 4, le préfet fixe par arrêté l'échéancier de mise en œuvre des moyens techniques nécessaires à la protection parasismique des équipements mentionnés au deuxième alinéa de l'article 9, sans toutefois dépasser le 1er janvier 2025.

L’arrêté ministériel du 4 octobre 2010 prévoit un réexamen du périmètre et des dispositions relatives à la protection parasismique des installations existantes après avis du Conseil supérieur de la prévention des risques technologiques, sur présentation d’une synthèse des conclusions des études avant le 1er janvier 2018.

Par ailleurs, en cas de modification du zonage mentionné à l'article R. 563-4 du Code de l’Environnement, augmentant le niveau de sismicité de la zone, l'exploitant procède à une nouvelle étude dans un délai de cinq ans suivant la publication du décret modifiant ledit article.

Le tableau suivant synthétise les différents cas possibles pour les ICPE.

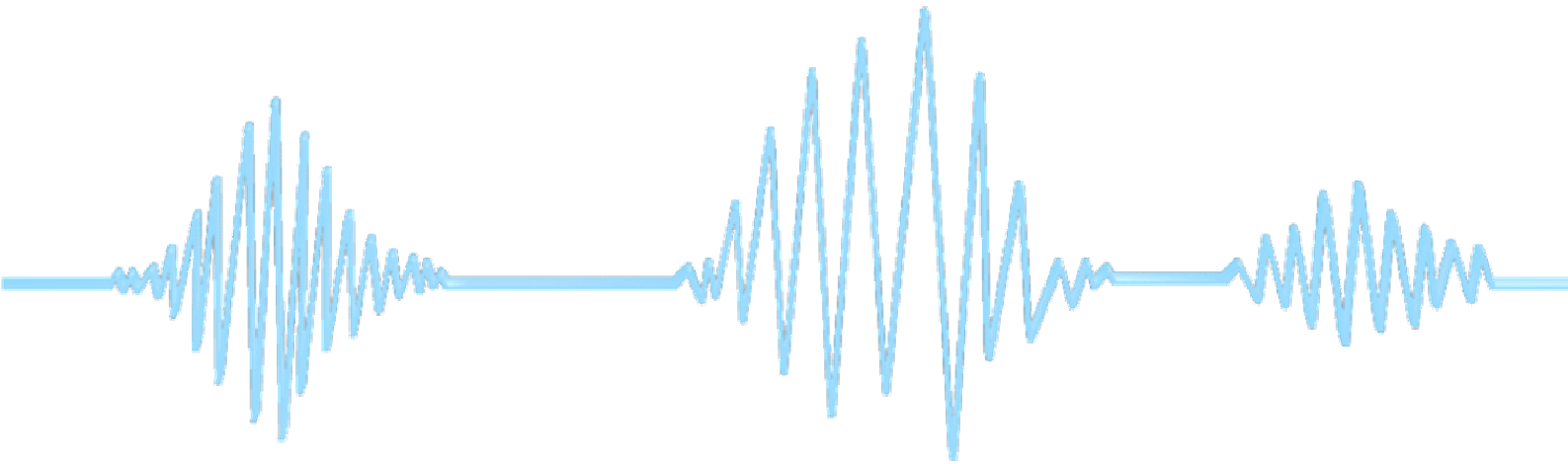
Classement ICPE	**Classement Seveso**	**Règles parasismiques à appliquer**
Déclaration	-	Risque Normal (sauf avis du préfet)
Autorisation	-	Risque Normal (sauf avis du préfet)
Autorisation	Seuil bas	Risque Spécial
Autorisation avec servitude d’utilité publique	Seuil haut	Risque Spécial

Tableau 5 : Récapitulatif de la réglementation applicable aux ICPE selon les dispositions de l’arrêté du 4/10/2010

Règles parasismiques applicables aux canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques

L’arrêté du 5 mars 2014 définissant les modalités d'application du chapitre V du titre V du livre V du Code de l’Environnement et portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques définit les dispositions relatives à la sécurité et à la déclaration d’utilité publique des canalisations de transport et les règles de sécurité, d’autorisation et d’utilité publique des canalisations.

ANNEXE 4-5
Réponses aux questions fréquemment posées sur la réglementation nationale



Réponses aux questions sur la nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments

CLASSIFICATION DES BÂTIMENTS

Suite à la publication des nouveaux textes réglementaires en date du 22 octobre 2010 (décrets n° 2010-1254 et 2010-1255, arrêté du 22 octobre 2010) relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », de nouvelles règles de construction parasismique sont à appliquer pour les bâtiments à « risque normal » sur le territoire national depuis le 1er mai 2011.

Afin d'accompagner la sortie de cette nouvelle réglementation, la DGALN et le CETE Méditerranée (à présent CEREMA) ont réalisé une plaquette d'information et des journées de sensibilisation au risque sismique dans la construction à destination des professionnels de la construction sont tenues depuis mars 2011 dans l'ensemble des zones sismiques. Au cours de ces journées, de nombreuses questions ont été collectées afin de répertorier les besoins d'explicitation les plus fréquents et de leur apporter des éléments de réponse.
Vous trouverez ci-dessous des réponses formulées aux principales questions de la part des acteurs de la construction sur les implications de la nouvelle réglementation parasismique.

L'enseignement supérieur ou pour adulte fait-il partie des établissements scolaires de catégorie III?

Réponse : La catégorie d'importance III regroupe les bâtiments recevant du public vulnérable, pour lequel la défaillance de la structure entraînerait un risque élevé. Par conséquent, seuls les établissements d'enseignement primaire et secondaire, recevant des enfants ou des adolescents, sont classés en catégorie III en tant qu'établissements scolaires. Les bâtiments d'enseignement supérieur ou pour adulte sont classés en fonction d'autres critères définis dans l'arrêté du 22 octobre 2010 : catégorie d'ERP, limites des 300 personnes ou des 28 m de hauteur.

Un permis de construire est déposé pour un bâtiment de catégorie II. En cours de construction, la destination des locaux est modifiée. Le bâtiment dans sa configuration finale aurait été classé en catégorie III. Une justification parasismique en catégorie III est-elle nécessaire ?

Réponse : Le changement de destination en cours de chantier implique un changement d'enjeu et du niveau de risque associé à la construction. Il est du ressort du maître d'ouvrage de prendre en compte la nouvelle catégorie d'importance du bâtiment et, compte tenu de l'avancement du projet, d'actualiser sa conception et son dimensionnement avec l'appui de la maîtrise d'œuvre.
Le changement de catégorie d'importance II en catégorie d'importance III implique le recours à un contrôleur technique pour les zones de sismicité 2, 3, 4 et 5. L'attestation de prise en compte des règles parasismiques est à fournir lors de la demande de PC modificatif et à l'issue de l'achèvement des travaux.

Une modification de destination des locaux intervient dans un bâtiment existant, sans travaux importants. La catégorie d'importance de l'ouvrage dans son nouvel usage est plus élevée que la catégorie initiale. Le bâtiment doit-il faire l'objet d'une justification parasismique ?

Réponse : La réglementation parasismique n'implique aucune obligation pour le maître d'ouvrage dans le cas d'un changement de catégorie d'importance sans travaux. Cependant, le changement de catégorie d'importance reflète un changement du niveau de risque associé. Il est donc fortement recommandé de faire réaliser un diagnostic sismique de la structure et d'éventuels renforcements. L'arrêté du 22 octobre 2010 encourage d'ailleurs tout maître d'ouvrage volontaire à améliorer le comportement de son bâtiment en permettant de moduler l'objectif de confortement dans le cadre de l'application de la norme NF EN 1998-3 (Eurocode 8, partie 3 - évaluation et renforcement des bâtiments).

Un même bâtiment comporte deux ERP superposés de 4ème catégorie au sens de la protection contre les risques d'incendie et de panique. La somme de l'effectif des deux ERP dépasse les 300 personnes. Comment classer ce bâtiment au sens de la réglementation parasismique ?

Réponse : La classification en catégorie d'importance sismique s'appuie en partie sur la définition des catégories d'ERP liée à la réglementation incendie. Cependant, les deux classements relèvent de principes physiques très différents : la réglementation incendie se réfère à la possibilité de propagation d'un incendie d'un ERP à l'autre, alors que la réglementation parasismique considère l'unité structurelle dans son ensemble, soumise à l'action d'un tremblement de terre. Des ERP distincts au sens de la réglementation incendie ne sont donc pas nécessairement des bâtiments distincts au sens de la réglementation parasismique.

Pour un bâtiment constitué de deux ERP de 4ème catégorie (moins de 300 personnes chacun), deux cas de figures peuvent donc se présenter :

- la somme de l'effectif des deux ERP reste inférieure à 300 personnes, le bâtiment peut alors être classé en catégorie d'importance II au sens de la réglementation parasismique, sous réserve de prise en compte des autres clauses de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

- la somme de l'effectif des deux ERP est supérieure à 300 personnes, la limite en effectif fixé par l'arrêté du 22 octobre 2010 est dépassée et le bâtiment est classé en catégorie d'importance III.

Ce raisonnement reste valable pour toutes les combinaisons pouvant se présenter au sein d'une même structure (plusieurs ERP mais aussi cohabitation de logements et d'ERP dans un même bâtiment).

Dans quelle catégorie d'importance les établissements pénitentiaires doivent-ils être classés ?

Réponse : Pour les nouvelles constructions de centres pénitentiaires (maisons d'arrêt, maisons centrales, centre de détention), les constructions à l'intérieur du mur d'enceinte sont classées en catégorie IV et les bâtiments hors enceinte sont classés en catégorie II.

Les crèches, les centres de formations sont-ils à considérer comme des établissements scolaires au sens de la catégorie d'importance III ?

Réponse : Les crèches ne sont pas des établissements scolaires mais des établissements de garde d'enfants d'âge préscolaire, donc des établissements sanitaires et sociaux : les crèches sont à classer dans la catégorie d'importance III. Les centres de formation d'apprentis doivent être considérés comme des établissements scolaires et appartiennent donc à la catégorie d'importance III.

Il est à noter que les catégories d'importance explicitées dans l'arrêté du 22 octobre 2010 proviennent de la déclinaison des catégories définies dans le décret n°2010-1254. Celui-ci stipule notamment que les bâtiments de catégories d'importance II sont ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes et que les bâtiments de la catégorie d'importance III sont ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes ou en raison de leur importance socio-économique. La vulnérabilité du public (personnes âgées, handicapées ou enfants) est donc un critère permettant de délimiter les bâtiments de catégorie III. La maîtrise d'ouvrage peut se rapprocher de ces définitions pour classer son bâtiment, tout en respectant les conditions de l'arrêté.

Les maisons de retraite sont-elles à considérer comme des établissements sanitaires et sociaux au sens de la catégorie d'importance III ?

Réponse : Au titre de la sécurité incendie, la distinction entre maisons de retraite - ERP et maisons de retraite – bâtiments d'habitation est réalisée d'après le niveau de dépendance des personnes hébergées. Cette distinction est également à réaliser pour la classification des bâtiments au titre de la réglementation parasismique.

Ainsi, à ce titre, dès qu'une maison de retraite est un ERP de type J, et ce quelque soit sa catégorie (dans ce cas précis, on ne se limite pas, comme précisé à l'article 2 de l'arrêté du 22 octobre 2010, aux ERP de catégories 1,2 et 3), elle est à considérer comme un établissement sanitaire et social et donc comme un bâtiment de catégorie d'importance III.

Cette classification est justifiée par le fait que les structures d'accueil pour personnes âgées dépendantes, compte tenu de la vulnérabilité du public en cas de séisme, relèvent de la catégorie d'importance III définie notamment par le décret n°2010-1254 par la catégorie de bâtiments dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes ou en raison de leur importance socio-économique.

Quelle hauteur est à prendre en compte pour la classification des bâtiments au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 ?

Réponse : Par analogie aux bâtiments soumis au contrôle technique (mission PS obligatoire) en zone sismique au sens de l'article R11-38 du CCH , la hauteur à considérer pour appliquer l'arrêté du 22 octobre 2010 correspondant à la hauteur entre le "plancher bas du dernier niveau par rapport au niveau du sol le plus haut utilisable par les engins des services publics de secours et de lutte contre l'incendie" telle que définie dans l'article R111-38 du Code de la Construction et de l'Urbanisme.
Cette définition est basée sur les définitions relatives à la mise en sécurité incendie des ERP.

Les bâtiments modulaires, quelle que soit leur catégorie d'importance, doivent-ils faire l'objet de règles de construction parasismique ? Pour les cas de catégories d'importance III, sont-ils soumis à l'attestation de respect des règles de construction ?

Réponse : Dans la réglementation parasismique (arrêté du 22 octobre 2010 modifié), les bâtiments font l'objet d'une classification selon l'enjeu et les fonctionnalités qu'ils hébergent. La durée d'exploitation ou le caractère temporaire de l'installation n'est pas pris en compte dans la classification. La durée d'utilisation des bâtiments modulaires n'est d'ailleurs pas forcément réduite. Ces bâtiments sont donc soumis à l'arrêté du 22 octobre 2010 et aux règles de construction.

En cas de procédés non courants, la technique constructive du bâtiment modulaire devra faire l'objet d'un avis technique spécifiant la catégorie d'importance du bâtiment et la zone sismique concernées.

Quels sont les bâtiments des centres de production collective d'énergie à classer en catégorie d'importance III ?

Réponse : Les « bâtiments de centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil » visés par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne correspondent qu'aux bâtiments dont la fonction première est la production collective d'énergie.

Les bâtiments des centres de production collective d'énergie répondant au moins à l'un des trois critères suivants, quelle que soit leur capacité d'accueil sont classés en catégorie III par l'arrêté du 22 octobre 2010:

- la production électrique est supérieure au seuil de 40 MW électrique,
- la production thermique est supérieure au seuil de 20 MW thermique,
- le débit d'injection dans le réseau de gaz est supérieur à 2 000 Nm3/ h.

Les bâtiments techniques (répondant au moins à l'un des trois critères cités ci avant) associés aux éoliennes, centrales électriques et photovoltaïques, réseaux de chaleur…, dont l'endommagement empêcherait le fonctionnement du centre de production, sont des bâtiments de catégorie d'importance III. Par contre, les équipements eux-mêmes (l'éolienne par exemple ou la centrale photovoltaïque) ne sont pas l'objet de l'arrêté bâtiment.

Existe-t-il une liste des bâtiments qui relèvent de la catégorie d'importance IV ?

Réponse : Par circulaire interministérielle du 26 avril 2002, il était demandé aux préfets des départements de recenser les fonctions essentielles à maintenir pour permettre la gestion des secours suite à un séisme et d'établir la liste des bâtiments, équipements, installations et ponts aptes à les assurer soient les ouvrages de catégorie d'importance IV au sens du décret n°2010-1254 Du 22 octobre 2010.

Afin d'aider au recensement dans chaque département des ouvrages de catégorie d'importance IV, un guide de recommandations a été élaboré dans le cadre des travaux du GEPP (Groupe d'Etudes et de Propositions pour la Prévention du risque sismique), dans le cadre d'un groupe de travail piloté par la Direction Générale de la Sécurité civile et de la Gestion des Crises.

Le guide disponible à partir du lien suivant : http://www.planseisme.fr/Guide-d-aide-au-recensement-et-la-classification-des.html peut donc être consulté en cas de détermination de la catégorie d'importance IV d'un bâtiment soumis à la réglementation parasismique (décrets n°210-1254 et 2010-1255 et arrêté du 22 octobre 2010 modifié).

REGLES DE CONSTRUCTION

Quel est le traitement parasismique à appliquer aux bâtiments modulaires à simple rez-de-chaussée et à leurs systèmes de fondations ?

Réponse : Pour les bâtiments modulaires usuels à simple rez-de-chaussée situés en zone sismique, le cas de charge prépondérant pour le dimensionnement de l'ossature et de sa fondation est très généralement le vent. Dans cette situation, l'Eurocode 8-1 permet de s'affranchir de la vérification de tenue sismique (couverte par celle sous les forces du vent – cf. clause 4.4.1 (2)). La structure et les fondations sont alors dimensionnées par les charges dues au vent et il n'y a peu de dispositions parasismiques à envisager.
Concernant les fondations, que le bâtiment soit modulaire ou non, la question de l'obligation d'un liaisonnement entre points de fondation (liaisonnement par longrines ou par radier), bien que recommandé de manière générale, n'est pas nécessairement obligatoire en zone sismique. Il y a en fait trois configurations possibles :

Les sols de classe A toutes zones et les sols de classe B en zone de sismicité 2 font office de liaison et aucune disposition particulière autre que la reprise des charge sismique n'est à prévoir ;
Les points de fondation sont reliés entre eux (longrines ou radier à dimensionner selon Eurocode 8 Partie 5 – NF EN 1998-5)
Quand les deux conditions précédentes ne sont pas vérifiées, les effets des déplacements différentiels entre points de fondations doivent être pris en compte dans le dimensionnement de la structure.
Pour un bâtiment modulaire usuel à simple rez-de-chaussée, un ancrage aux fondations reste nécessaire, pour reprendre a minima les charges de vent (on ne peut pas simplement « poser » le bâtiment sur le sol, même en zone non sismique). Un liaisonnement des fondations entre elles n'est en général pas nécessaire, le longeron inférieur de la structure pouvant être assimilé à un élément rigide de liaison entre deux massifs de fondation, et les déplacements différentiels sur une portée de l'ordre de 10 m étant négligeables.
Dans le cas d'ancrage par chevilles dans les massifs de fondations, celles-ci doivent bénéficier d'un Agrément Technique Européen ou d'une Évaluation Technique Européenne (ETE), déclarant des performances sismiques.
En résumé, pour un bâtiment modulaire simple rez-de-chaussée, les surcoûts liés au respect de la réglementation parasismique devraient normalement rester négligeables, par rapport à un bâtiment en zone non sismique. En outre, le liaisonnement des points de fondation n'est pas nécessaire. En cas d'ancrage par cheville, on doit veiller à utiliser des produits qualifiés pourwagner ce type d'usage.

La condition de suppression de plancher à un niveau donné dans un bâtiment existant (arrêté du 22 octobre 2010) couvre-t-elle le remplacement de plancher ?

Réponse : Au-delà d'un certain pourcentage de plancher supprimé à un niveau, les règles parasismiques doivent s'appliquer au bâtiment en travaux conformément aux dispositions de l'arrêté du 22 octobre 2010. Cette condition s'entend comme une suppression effective de plancher avec création de trémie et non comme un remplacement d'une partie ou de la totalité d'un plancher.

La continuité de fonctionnement de catégorie IV, par exemple un hôpital, impose-t-elle la prise en compte d'un coefficient de comportement de 1 ?

Réponse : La continuité de fonctionnement ne signifie pas l'absence de dommages (fissuration par exemple) ni l'obligation d'un comportement élastique.
L'objectif est que le bâtiment abritant des fonctions stratégiques continue d'être utilisable pour gérer une crise sismique qu'il aurait lui-même subi.

Sous quelles conditions les règles simplifiées peuvent-elles être appliquées ?

Réponse : Que ce soit en métropole (règles PS-MI) ou dans les Antilles (règles CP-MI), les règles simplifiées ne sont applicables que sous réserve de rester dans le domaine d'application énoncé dans ces référentiels. Cela concerne principalement :

- les conditions sur l'architecture du projet (nombre de niveau maximum, régularité en plan ou en élévation…),
- la charge d'exploitation des planchers
- les conditions sur le terrain (pente, sol non liquéfiable, portance minimum de sol)

La réglementation parasismique s'applique-t-elle aux bâtiments existants ?

Réponse : Oui, dans certains cas :

1/ dans le cas de travaux modifiant de façon significative le comportement de la structure (augmentation de surface de plancher, suppression de planchers, de contreventement, ajout d'équipements lourds en toiture), et selon la catégorie d'importance du bâtiment, la construction doit respecter la réglementation nationale. En cas d'extension, si cette dernière est désolidarisée par un joint de fractionnement, seule la partie nouvelle doit respecter les règles du neuf. Sans joint, l'ensemble doit faire l'objet de l'étude et, par suite, être renforcé.
Voir l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 pour plus de précisions.

2/ en cas de démarche volontaire, le renforcement doit être cadré par l'Eurocode 8 partie 3 dédiée au renforcement de l'existant.
3/ lorsqu'un PPR approuvé le prévoit, des mesures de réduction de la vulnérabilité peuvent être imposées, mais elles ne sont obligatoires que dans la limite de 10% de la valeur de la construction au moment où le PPRN est approuvé (art R.562-5 du Code de l'Environnement).

Comment les procédés non traditionnels sont-ils pris en compte dans le calcul de résistance aux séismes ?

Réponse : La justification des éléments structuraux et non structuraux est réalisée en respectant les règles d'application définies dans les normes NF EN 1998-1 septembre 2005, NF EN 1998-3 décembre 2005, NF EN 1998-5 septembre 2005, dites " règles Eurocode 8 " accompagnées des documents dits " annexes nationales " des normes NF EN 1998-1/ NA décembre 2007, NF EN 1998-3/ NA janvier 2008, NF EN 1998-5/ NA octobre 2007 s'y rapportant.

Les dispositifs constructifs non visés par les règles d'application des normes précitées sont justifiés par application des principes de la norme **NF EN 1990 mars 2003**, le cas échéant étendus aux éléments non structuraux, en tenant compte du caractère spécifique de leurs matériaux et procédés constitutifs.

Une étude géotechnique est-elle obligatoire avant la réalisation d'une construction parasismique ?

Réponse : La réalisation d'une étude géotechnique n'est pas obligatoire mais s'avère de fait très importante pour un bon dimensionnement parasismique des structures. Pour appliquer l'Eurocode 8, des études géotechniques spécifiques en vue de compléter l'évaluation géotechnique hors séisme sont nécessaires pour déterminer la classe de sol (classe A, B, C, D, E, S1 ou S2).Elles sont d'ailleurs demandées par l'article 3.1.1(1)P qui précise que des investigations appropriées doivent être menées pour obtenir la classification du sol. Cette classe de sol permet de définir l'accélération de calcul pour le dimensionnement du bâtiment.
Les études géotechniques à programmer visent à déterminer la classe de sol suivant la classification de l'Eurocode 8-1 (classe A, B, C, D, E, S1 ou S2). La classe de sol est définie dans l'Eurocode 8-1 par :

- son profil stratigraphique,

- la valeur « Vs,30 », vitesse moyenne des ondes de cisaillement dans les 30 premiers mètres du terrain.

Si la vitesse Vs,30 ne peut être déterminée, l'Eurocode 8-1 propose des équivalences avec d'autres grandeurs mécaniques caractéristiques du sol : le nombre de coups SPT (Standard penetration test) et la résistance au cisaillement du sol non drainé cu. L'Eurocode 8-5 dédié au calcul géotechnique sismique précise qu'il est possible d'utiliser des corrélations empiriques avec d'autres grandeurs géotechniques comme la résistance à la pénétration in situ, sauf pour des structures importantes dans des régions de forte sismicité.
Toutefois, l'annexe nationale de l'EC8-1 précise que ces investigations peuvent se résumer à celles exigibles en situation non sismique dans le cas de faible sismicité ou lorsque le bâtiment est de catégorie I ou II et que le maître d'œuvre a à sa disposition des documents de reconnaissance de sol permettant de définir en toute fiabilité la classe de sol.

En application des règles simplifiées (PS-MI ou CP-MI), les études géotechniques à mener sont moins lourdes que celles nécessaires à l'application de l'Eurocode 8. Elles permettent de vérifier que le projet satisfait au domaine d'application des règles notamment en termes de capacité portante et de stabilité du terrain. Il est rappelé que sont exclues du domaine d'application des règles PS-MI les constructions fondées sur des sols mal consolidés et/ou de portance ultime inférieure à 250 kN/m2 ou **liquéfiables**.

L'étude géotechnique s'avère également nécessaire pour déterminer la nature du terrain de fondation et évaluer notamment la susceptibilité à la liquéfaction.

QUESTIONS ECONOMIQUES

Quel est l'impact de la nouvelle réglementation sur le coût de la construction ?

Réponse : La DGALN a confié au CSTB une étude sur l'impact économique du changement de zonage et du passage PS92->EC8 en habitat collectif neuf.
L'impact sur le coût de la construction est fortement variable en fonction du type de projet, de la zone sismique, et aussi de la classe de sol. Avec ces réserves, il est possible de retenir les ordres de grandeurs suivants :

1/ pour des bâtiments classiques de 3 ou 4 niveaux :

- situés précédemment hors zone sismique réglementaire : l'augmentation des coûts est estimée, selon le type de sol, entre [0,5% et 3,5%] pour le gros œuvre (matériaux, études) ou [0,5% et 1,5%] pour le coût de construction
- déjà situés en zone sismique : l'augmentation des coûts est estimées, selon le type de sol, entre [0,5% et 1,8%] pour le gros œuvre (matériaux, études) ou [0,5% et 0,8%] pour le coût de construction

2/ pour des bâtiments de 8 ou 9 niveaux :

- situés précédemment hors zone sismique réglementaire : l'augmentation des coûts est estimées, selon le type de sol, entre [2% et 10%] pour le gros œuvre (matériaux, études) ou [1% et 5%] pour le coût de construction
- déjà situés en zone sismique, l'augmentation des coûts est estimée, selon le type de sol, entre [2% et 5%] pour le gros œuvre (matériaux, études) ou [1% et 3,5%] pour le coût de construction

Il est essentiel de noter que pour les maisons individuelles, dans la mesure où les règles sont identiques à la réglementation précédente, il y a un coût parasismique pour les nouvelles zones modérée (3), moyenne (4) ou forte (5) (au cas où les règles PS-MI ne sont pas utilisées ou applicables), les maisons individuelles n'étant pas concernées par la zone de sismicité faible (2).
Il faut noter qu'au-delà du coût d'investissement, la sinistralité réduite des constructions parasismiques vis-à-vis d'autres périls (tels que les retrait-gonflement des argiles) est intéressante en coût global sur la durée de vie du bâtiment.

Puis-je bénéficier d'aides financières pour le renforcement du bâti existant ?

Réponse : En application de la loi du 30 juillet 2003 et du décret d'application du 12 janvier 2005, le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM), aussi appelé « Fonds Barnier », peut contribuer à subventionner ces travaux si ils sont explicitement imposés par le règlement d'un PPRN. Les taux sont fixés au maximum à 40% du montant des travaux imposés pour les particuliers et 20% pour les entreprises de moins de vingt salariés.
Sous certaines conditions, l'Agence Nationale pour l'Habitat (ANAH) accorde également des subventions pour l'amélioration du confort et de la sécurité dans les habitations privées.

CONTROLE DE LA REGLEMENTATION

Quelles sont les formes de contrôle possibles de la réglementation parasismique?

Réponse : Trois formes de contrôle extérieur de la réglementation parasismique sont possibles :

- le contrôle technique : pour certains bâtiments, dont la liste est établie au R111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation, le contrôleur technique doit mener une mission PS obligatoire en accompagnement des missions L et S dans les zones de sismicité 2,3,4 et 5.

- l'attestation de prise en compte des règles parasismiques, dispositif en amont du projet (dépôt de permis de construire) et en aval (achèvement des travaux) : le contrôleur technique doit attester de la prise en compte des règles de construction parasismique à ces deux stades du projet. Les modalités sont définies aux articles R431-16 et R462-4 du Code de l'Urbanisme.

- le contrôle régalien, mené par les agents de l'État : le contrôle de respect des règles de construction (CRC) est étendu aux règles de construction parasismique depuis 2006 et va être mené sur des maisons individuelles (règles PSMI 89 révisées 92, norme NF P 06-014) en priorité sur des secteurs déjà en zones sismiques au sens du zonage de 1991.

L'administration effectue-t-elle des contrôles réglementaires?

Réponse : Oui.

Les articles L151-1 et suivants du Code de la Construction et de l'Habitation permettent aux agents assermentés et commissionnés de contrôler les opérations de construction à tout moment de la construction et jusqu'à trois ans après l'achèvement des travaux.

En pratique, les rubriques actuellement contrôlées portent sur des réglementations techniques telles que la performance énergétique, l'accessibilité, l'acoustique, la sécurité contre l'incendie ou l'aération.

Une méthode de contrôle spécifique sur la rubrique parasismique est en train d'être fiabilisée avant d'élargir les campagnes des contrôles régaliens sur ce thème. Des premiers contrôles, sur la maison individuelle et les règles PS-MI seront menés en priorité sur des secteurs déjà en zones sismiques au sens du zonage de 1991.

Quand est-ce que le contrôle technique est obligatoire ?

Réponse : L'article R111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation définit dans quelles conditions le contrôle technique est obligatoire.

A la mission L portant sur la solidité des ouvrages et des éléments d'équipement indissociables et à la mission S portant sur les conditions de sécurité des personnes dans les constructions est ajoutée la mission complémentaire PS dans tous les cas où la réglementation prévoit la protection contre les séisme pour les cas suivants :

1) Les ERP de 1er, 2e et 3e catégories,
2) Les immeubles dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 28 mètres,
3) Des bâtiments, autres qu'à usage industriel :

- Comportant des éléments en porte à faux de portée supérieure à 20 mètres ou des poutres ou arcs de portée supérieure à 40 mètres, ou

- Comportant, par rapport au sol naturel, des parties enterrées de profondeur supérieure à 15 mètres, ou des fondations de profondeur supérieure à 30 mètres, ou

- Nécessitant des reprises en sous-œuvre ou des travaux de soutènement d'ouvrages voisins, sur une hauteur supérieure à 5 mètres,

4) Les immeubles dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres en zones de sismicité 4 et 5,
5) Les bâtiments de catégories d'importance III et IV et des établissements de santé dans les zones de sismicité 2, 3, 4 et 5,
6) Les éoliennes dont la hauteur du mât et de la nacelle est supérieure ou égale à 12 mètres.

La mission porte sur les ouvrages et éléments d'équipement visés par les règles parasismiques (Décret no 99-443 du 28 mai 1999 relatif au cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de contrôle technique).

Existe-t-il un dispositif d'attestation de prise en compte de la réglementation ?

Réponse : Oui, dans les cas prévus par les 4° et 5° de l'article R. 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation où le contrôle technique est obligatoire :

- Les immeubles dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres en zones de sismicité 4 et 5,

- Les bâtiments de catégories d'importance III et IV dans les zones de sismicité 2, 3, 4 et 5.

Une attestation doit être établie :

- Lors de la demande de permis de construire, le dossier doit comprendre « un document établi par le contrôleur technique attestant qu'il a fait connaître au maître d'ouvrage son avis sur la prise en compte, au stade de la conception, des règles parasismiques » (art R431-16 Code de l'Urbanisme),

- A la déclaration d'achèvement qui doit être accompagnée d'un document « attestant que le maître d'ouvrage a tenu compte des avis du contrôleur technique sur le respect des règles de construction parasismiques » (art A.462-4 Code de l'Urbanisme).

L'arrêté du 10 septembre 2007 précise les modalités de réalisation de l'attestation et propose notamment deux modèles (1 modèle « dépôt de permis de construire », 1 modèle « achèvement des travaux »)

En cas de travaux lourds sur l'existant, y a-t-il contrôle technique obligatoire incluant la mission PS ? et production de l'attestation parasismique ?

Réponse : Le contrôle technique incluant une mission PS est obligatoire dans tous les cas recensés dans l'article R. 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation en zone sismique (en dehors de la zone de sismicité très faible). Cependant, seules les opérations de construction ayant pour objet la réalisation de bâtiments sont concernées. Il ne s'agit donc que de constructions neuves et non de travaux sur l'existant (y compris travaux sur la structure du bâtiment), même s'ils font l'objet d'un permis de construire.

En cas de travaux lourds sur la structure comme définis dans les conditions particulières de l'arrêté du 22 octobre modifié, le contrôle technique incluant la mission PS n'est pas obligatoire. Cependant, le maître d'ouvrage peut toujours demander un contrôle technique.

De même, pour des travaux sur l'existant, il n'y a pas lieu de réaliser d'attestation de prise en compte des règles de construction parasismique (obligatoire pour les cas 4° et 5° de l'article R111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation) ni au dépôt de permis de construire, ni à l'achèvement des travaux.

Le contrôleur technique doit-il vérifier la tenue des éléments non structuraux aux séismes lors du contrôle d'une construction nouvelle? et en cas d'ajout ou remplacement sur une construction existante ?

Réponse : La réglementation parasismique en vigueur (arrêté du 22 octobre 2010 modifié) impose des dispositions spécifiques aux éléments non structuraux sur les bâtiments neufs comme sur les bâtiments existants (en cas d'ajout ou de remplacement lors de travaux lourds). Les articles R. 111-38 et R. 111-39 du Code de la Construction et de l'Habitation définissent le champ du contrôle technique obligatoire et des missions qu'il comprend. Ces missions sont en lien avec les référentiels réglementaires et la mission PS doit donc intégrer des vérifications relatives aux éléments non structuraux.

De plus, l'arrêté du 10 septembre 2007 relatif aux attestations de prise en compte des règles de construction parasismique (obligatoires pour les cas 4° et 5° de l'article R111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation) précise que : « Les avis sont émis par le contrôleur technique après examen, à chaque phase de la mission de contrôle technique qui lui a été confiée, des éléments de fondations, d'ossatures et de façades et des éléments non structuraux. »

En cas d'ajout ou de remplacement d'un élément non structurel sur un bâtiment existant lors de travaux lourds (tel que visé par les conditions particulières de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié), il n'y a pas obligation de contrôle technique incluant la mission PS et donc de fait pas d'obligation de contrôle technique sur les éléments non structuraux. Il peut cependant y avoir un contrôle technique demandé par le maître d'ouvrage.

DROIT DES SOLS

Comment calculer la modification de surface de plancher d'un bâtiment existant ?

Réponse : L'arrêté du 22 octobre 2010 précise qu'en cas de travaux ayant pour objet de modifier la surface de plancher (à hauteur d'un certain pourcentage de surface de plancher initiale), il sera fait application de l'Eurocode 8 avec une accélération diminuée par rapport à une construction neuve. Pour le calcul de cette modification de surface, chaque corps de bâtiment fractionné par un joint structurel vertical doit être considéré individuellement. Ces joints de structure doivent être visibles sur le permis de construire.

Quelle définition de surface doit-on prendre en compte pour l'application de l'arrêté du 22 octobre 2010 ?

Réponse : La notion de « surface de plancher » telle que définie dans le décret n°2011-2054 du 29 décembre 2011 s'applique à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

En effet, l'arrêté bâtiments constitue une disposition réglementaire au sens de l'article 6 du décret précité et, à ce titre, les dispositions de l'arrêté exprimées en « SHON » s'entendent depuis le 1er mars 2012 en « surface de plancher ».
Ce remplacement de notion de « SHON » par celle de « surface de plancher » intervient ainsi pour les seuils de travaux réalisés sur un bâtiment existant qui déclenchent l'application des règles de construction parasismique - 3° (paragraphe « Conditions particulières ») de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

Quel est le calendrier de mise en application de la réglementation, et selon quelles références pour les dates d'application ?

Réponse : Les décrets n°2010-1254 et n°2010-1255, relatif à la prévention du risque sismique et portant délimitation des zones de sismicité du territoire français, et l'arrêté qui introduit la nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments ont été signés le 22 octobre 2010.
Les règles de construction citées dans l'arrêté du 22 octobre 2010 (règles simplifiées PSMI 89 révisées 92 et CPMI Antilles et règles générales Eurocode 8) sont applicables aux bâtiments faisant l'objet :

- d'une demande de permis de construire (PC),
- ou d'une déclaration préalable (DP),
- ou d'une autorisation permettant un commencement de travaux (AT),**déposée à compter du 1er Mai 2011** (précision apportée par l'arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010).

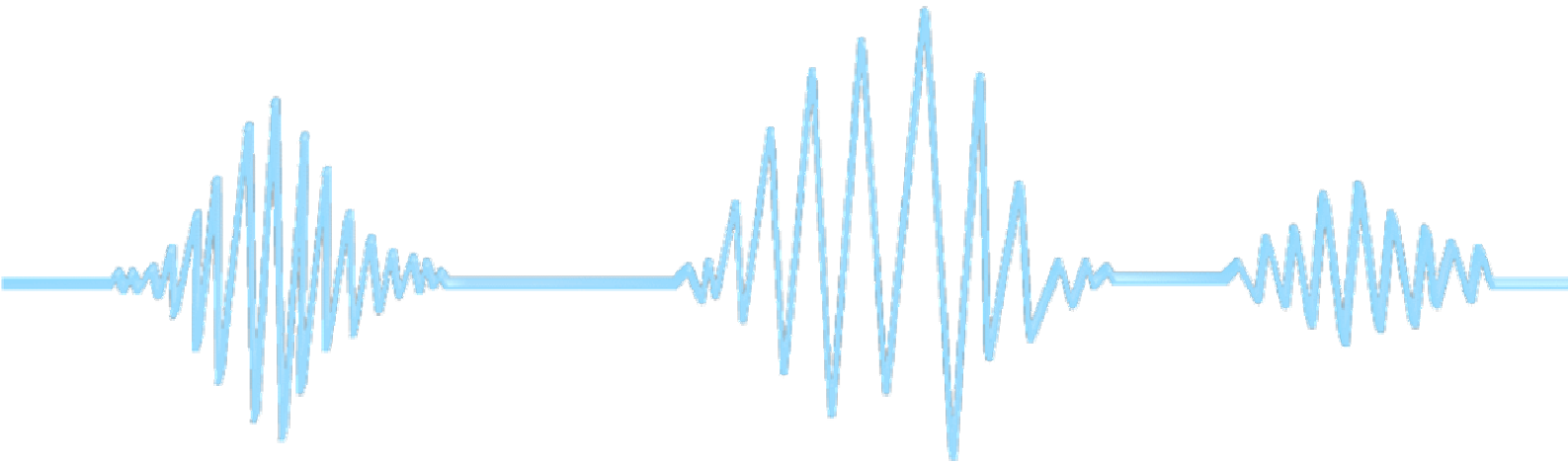
En cas de demande de permis de construire modificatif, dans quelle mesure doit-on considérer que la nouvelle réglementation s'impose ?

Réponse : La date à prendre en compte pour l'application de la réglementation parasismique, en cas de permis modificatif, est la date de dépôt du permis initial sauf si la modification aggrave la vulnérabilité du bâtiment au séisme au sens des conditions particulière de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 - c'est-à-dire les conditions de travaux (création de SHON, suppression de plancher, de contreventement...) qui déclenchent l'application des règles de construction pour un bâtiment existant. Dans ce cas, c'est la date de dépôt de demande de permis modificatif qui est à prendre en considération pour l'application de la réglementation. Les règles de construction s'appliquent dans ce cas avec les valeurs d'accélération a_{gr} utilisées pour les bâtiments neufs (a° de l'article 4 de l'arrêté du 22 octobre 2010).

Lorsque l'on change de destination (exemple : un hangar qui devient habitation : changement de catégorie I à II), y a t il une nécessité de respecter les règles de construction parasismique ?

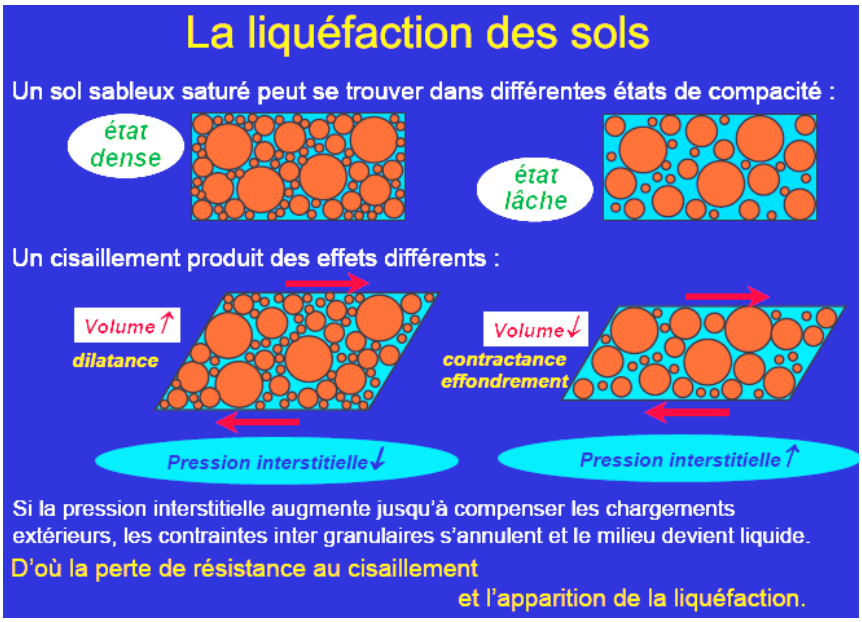
Réponse : Des travaux de confortement ne sont pas obligatoires pour un changement de destination du bâtiment, sans travaux sur la structure ni ajout ou remplacement d'éléments non structuraux.
En ce sens, le critère de création de surface pris dans l'arrêté doit être entendu comme une création effective (physique) de surface.
Cependant, il est recommandé, en particulier en cas d'augmentation de la catégorie d'importance du bâtiment, de faire réaliser un diagnostic de vulnérabilité par un bureau d'études techniques. Le maître d'ouvrage peut par ailleurs profiter du changement de destination pour prendre l'initiative d'améliorer le comportement sismique de son bâtiment. La réglementation permet dans ce cas au maître d'ouvrage de fixer le niveau de renforcement qu'il souhaite atteindre sur sa structure (Eurocode 8-3).

ANNEXE 4-6
La liquéfaction



Évaluation et caractérisation de l'aléa liquéfaction sous séisme.

La liquéfaction est un phénomène qui se produit sous sollicitation sismique. Le risque de liquéfaction est d'autant plus grand que le sol est contractant (sable lâche) et est d'autant plus rapide que le sol est proche de la saturation.

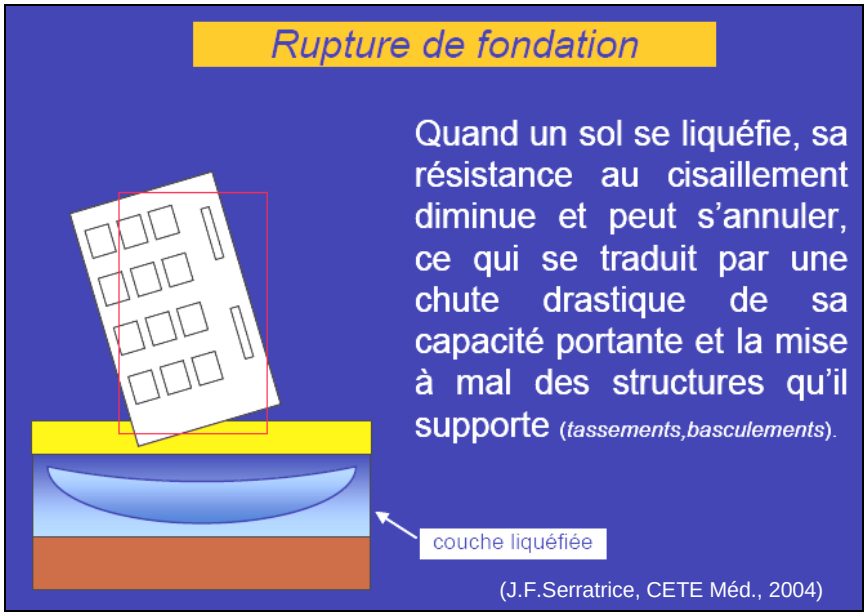


La liquéfaction des terrains en profondeur se manifeste généralement par les événements suivants:

- Ejection de sable, volcan de boue, fissures émissives



– Rupture du sol par poinçonnement





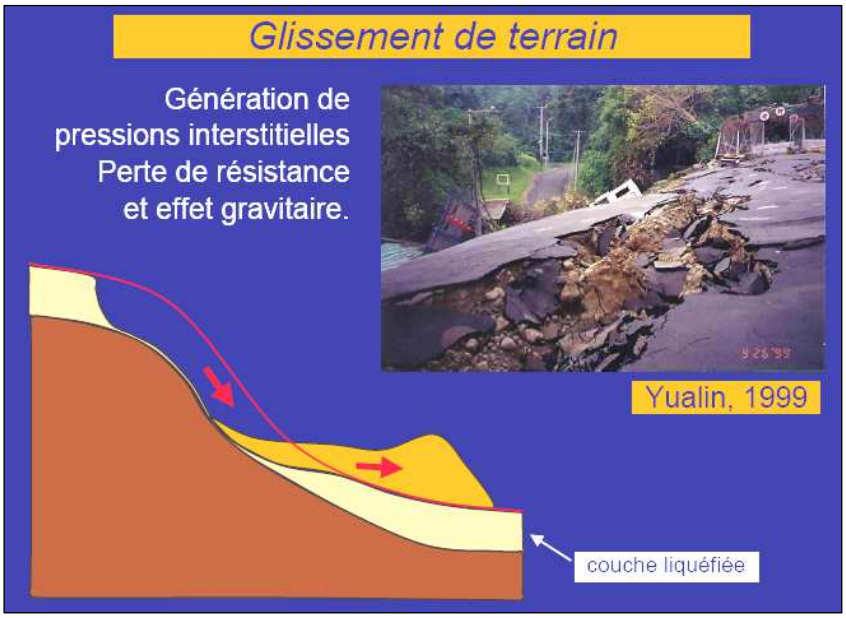
Séisme de Caracas (Venezuela) 1967
© USGS

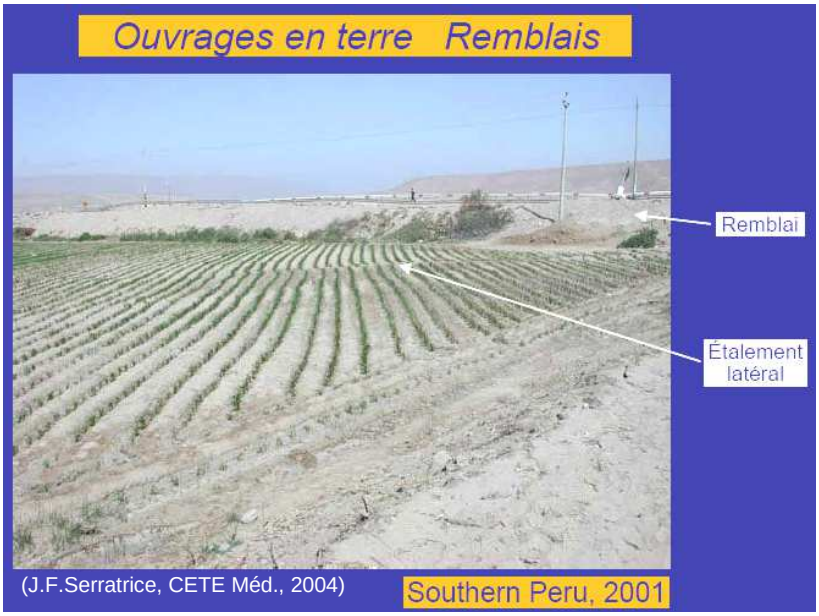
– Phénomènes de tassements



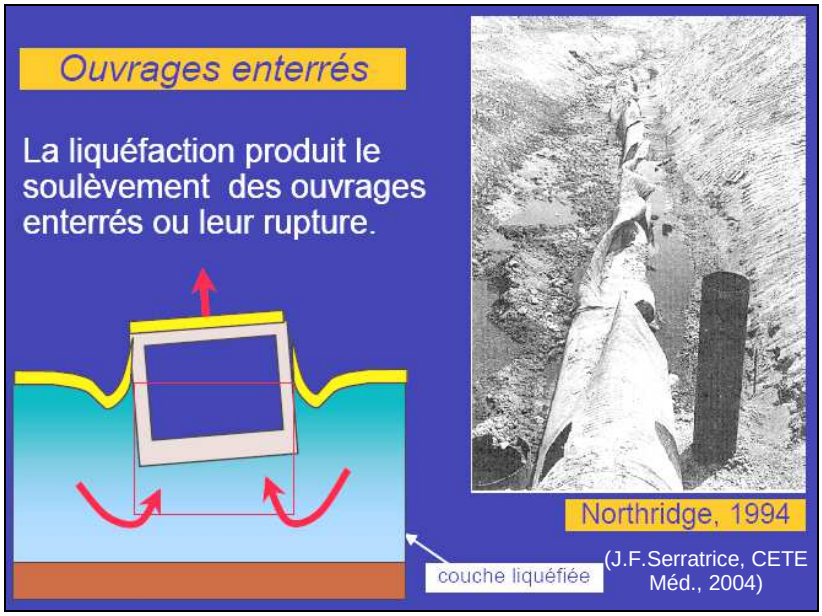
Séisme de Fukushima (Japon) 2011
© TEPCO

– Glissements latéraux.





– Soulèvements des ouvrages enterrés



L'ensemble des observations in situ montre que seuls les terrains du Quaternaire sont affectés par la liquéfaction (Youd et Perkins, 1978)

Comme le montre le tableau 1, les sols susceptibles de se liquéfier se trouvent essentiellement dans:

- Les vallées alluviales,
- Les deltas,
- Les rives de fleuves et de lacs, les bords de mer.

Nature du dépôt	Possibilité d'occurrence de liquéfaction de sols pulvérulents saturés			
	< 500 ans	Holocène < 1 000 ans	Pléistocène[3] < 1 650 000 ans	Prépléistocène > 1 650 000 ans
DEPOTS CONTINENTAUX				
Rivière	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Plaine alluviale	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dépôts éoliens	Modérée	Faible	Faible	Très faible
Terrasses marines	-	Faible	Très faible	Très faible
Deltas	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dépôts lacustres	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Colluvions	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dunes	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Loess	Élevée	Élevée	Élevée	
Moraines glaciaires	Faible	Faible	Très faible	Très faible
ZONES COTIERES				
Deltas	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Estuaires	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Plages	Modérée à élevée	Modérée à faible	Faible à très faible	Très faible
Lagons	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
REMBLAIS ARTIFICIELS				
Non compacté	Très élevée	-	-	-
Compacté	Faible	-	-	-

Tableau 1: Susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de la natureet de l'âge du dépôt (d'après Youd et Perkins, 1978)

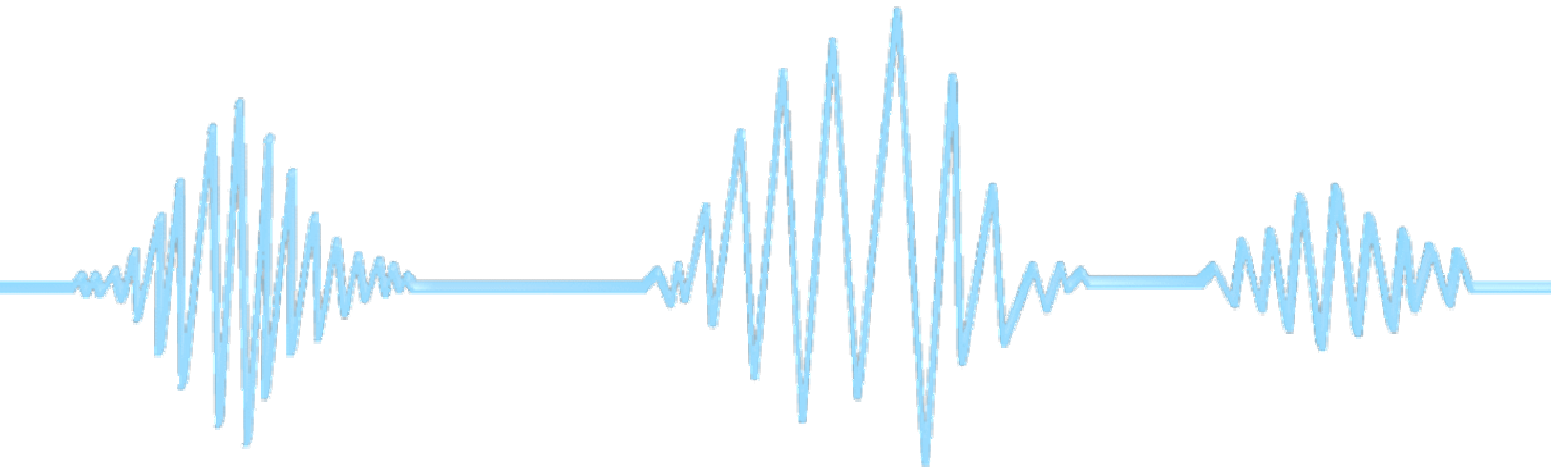
La plupart des épisodes de liquéfaction ont apparemment lieu à des faibles profondeurs (probablement moins de 10 mètres) et dans des zones où la nappe phréatique (libre ou perchée) était près de la surface ou bien à quelques mètres de celle-ci.

La vulnérabilité à la liquéfaction décroît avec la baisse de la nappe et seulement quelques exemples de liquéfaction ont eu lieu à des profondeurs de plus de 10 mètres (Youd et Idriss, 2001)

Âge du dépôt	Profondeur de la nappe (m)			
	0 - 3	3 - 10	10 – 15	> 15
Holocène récent < 500 ans	Élevée à très élevée	Modérée	Faible	Très faible
Holocène < 10 000 ans	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Pléistocène récent < 1 650 000 ans	Faible	Faible	Très faible	Très faible
Prépléistocène > 1 650 000 ans	Très faible	Très faible	Très faible	Très faible

Tableau 2: Susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de leur âge et de la position de la nappe

ANNEXE 4-7
Les éléments non structuraux et leur dimensionnement
Bâtiment à risque « normal »



L'arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » est paru au Journal Officiel du 23 septembre 2014.

Cet arrêté apporte une modification concernant les règles applicables aux éléments non structuraux :

- ✓ Une refonte des exigences pour les éléments non structuraux du cadre bâti.

La règle générale Eurocode 8-1 ne visait pas une liste précise d'éléments. Le présent arrêté définit une liste restreinte aux éléments lourds et dangereux en cas de séisme (faux-plafonds, cloisons, souches de cheminées, éléments de façade de grande hauteur…) et ne rend d'application obligatoire la réglementation sismique à l'ajout ou au remplacement d'éléments non structuraux que dans le cadre de travaux conséquents sur les bâtiments[1] qui, selon la zone de sismicité, dépassent certains seuils en termes d'augmentation de surface de plancher, de suppression de plancher, de suppression de contreventement vertical ou encore de mise en place d'équipements lourds en toiture (conditions particulières visées au 3° de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010).

« Les éléments non structuraux nécessitant une prise en compte […] sont ceux définis au chapitre 1er (Domaine d'application) du référentiel " Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti ; Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal » " version 2014 des ministères du logement et de l'égalité des territoires et de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. » (Article 1 alinéa III de l'arrêté du 15 septembre 2014 »)

- ✓ Par ailleurs, il est proposé une méthodologie simplifiée de justification parasismique pouvant être déclinée plus facilement par les industriels et centres techniques concernés.

Le référentiel "Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti - Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal » " version 2014, disponible sur les sites Internet du MLETR et du MEDDE, définit ce nouveau champ d'application et propose une méthode de dimensionnement adaptée.

« *L'application des dispositions du référentiel " Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti ; Justifications parasismiques pour le bâtiment « à risque normal » " version 2014 des ministères du logement et de l'égalité des territoires et de l'écologie, du développement durable et de l'énergie vaut justification réglementaire parasismique pour les éléments non structuraux visés au précédent alinéa. » »* (Article 1 alinéa III de l'arrêté du 15 septembre 2014 »)

[1] Se reporter à l'annexe 4-4 sur la réglementation parasismique

Définition des familles d'éléments non structuraux du cadre bâti[2]

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

- ✓ les éléments structuraux (murs, planchers…) assurent la stabilité et la résistance du bâtiment sous l'effet des charges (gravité, vent, séisme…),
- ✓ les éléments non structuraux (cheminées, cloisons, éléments de façade, plafonds suspendus…) contribuent de façon négligeable à la reprise des efforts dans la structure,
- ✓ les équipements techniques se caractérisent par des fonctions annexes au clos et couvert, par exemple en assurant des fonctions de confort ou d'exploitation du bâtiment (chauffage, éclairage, distribution d'eau, ascenseurs…).

COMMENTAIRES

À partir des définitions du code civil, les éléments non structuraux peuvent donc être définis comme étant les éléments d'ouvrages ou d'équipements du bâtiment autres que ceux constituant les ouvrages de fondation et d'ossature du bâtiment et autres que les équipements techniques.

La liste des éléments non structuraux du cadre sont d'après le guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti » :

Typologies d'éléments non structuraux visés	**Familles d'éléments non structuraux visés**
Éléments assurant la fonction de clos et couvert	- Éléments de façade (a) - Menuiseries extérieures (b) - Éléments de couverture (c)
Éléments intérieurs surfaciques verticaux et horizontaux	- Cloisons - Doublages - Plafonds suspendus - Planchers surélevés
Autres	- Éléments rapportés n'ayant pas de fonction portante (d) - Souches de cheminées maçonnées (e) - Éléments maçonnés : acrotères, balustres, garde-corps

Tableau 1: familles d'éléments non structuraux du cadre bâti au sens du guide "Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti"

[2] Définition tirée du guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti » édité par le ministère de l'égalité des territoires et du logement et le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie.

(a) Cette famille regroupe tous les éléments de façade et donc les éléments non structuraux suivants : éléments de murs non structurels, bardages rapportés industriels ou translucides, façades légères non porteuses, parois vitrées, isolation rapportée extérieure…Elle est étendue aux éléments de façade inclinés dont l'inclinaison par rapport à la verticale est inférieure à 15°. Les éléments tels que les coffres de volets roulants, les volets battants, grilles de fermeture, barreaudage, enseignes et éléments équivalents ne font pas l'objet de dispositions parasismiques.

(b) Cette famille regroupe toutes les menuiseries extérieures (fenêtres et portes-fenêtres) qu'elles soient montées en applique intérieure, en applique extérieure ou en tunnel (fixation à la structure de la paroi verticale).

(c) Cette famille regroupe les grands et petits éléments de couverture et les isolants supports de couverture. Elle ne comprend pas les éléments de couverture des éléments visés à l'alinéa suivant (d).

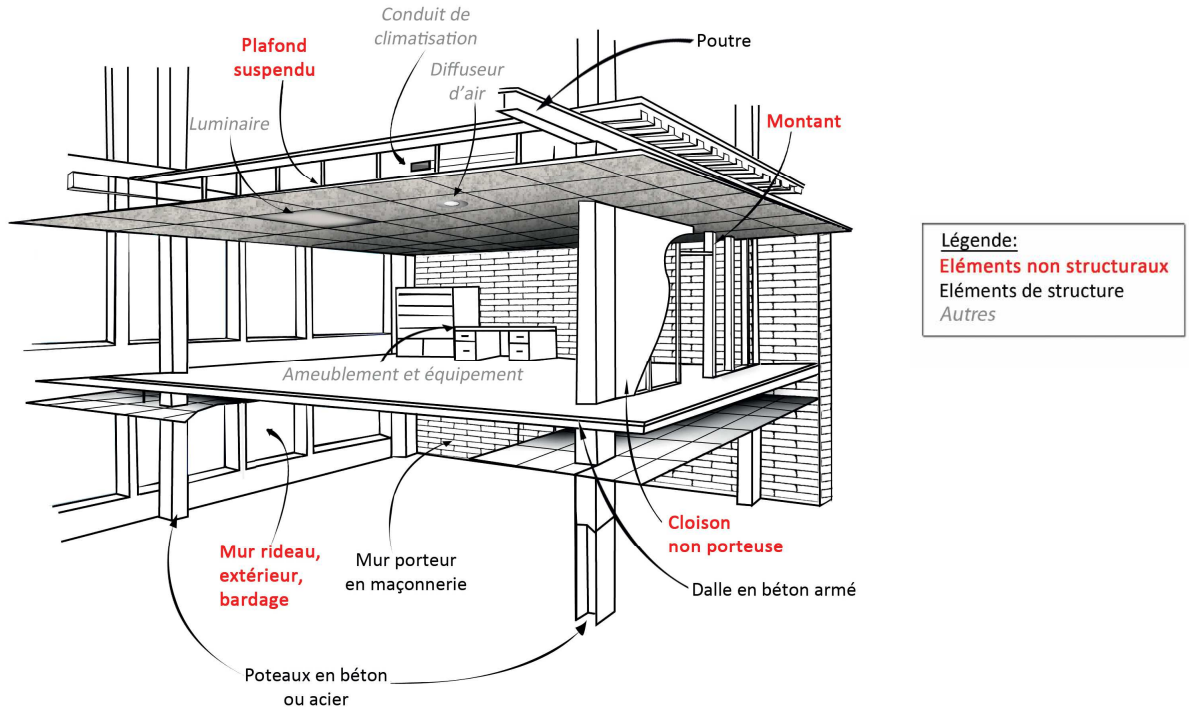
(d) Sont notamment visés dans cette famille les auvents, les marquises et les couvertures de vérandas. A contrario, dans la mesure où ils assurent une fonction portante, les balcons, coursives et escaliers ne sont pas à considérer dans cette catégorie mais font partie des éléments structuraux.

(e) Cette famille concerne uniquement les souches et non les conduits de fumée, qui ne font pas partie des éléments non structuraux du cadre bâti.

Les équipements techniques ne sont pas considérés comme des éléments non structuraux du cadre bâti. Toutefois, les équipements techniques assurant une fonction de clos et de couvert sont, par destination, à considérer comme des éléments non structuraux du cadre bâti.

COMMENTAIRE

Un panneau photovoltaïque intégré en toiture assurant une fonction de clos et de couvert est donc de fait considéré comme un élément non structurel au sens de ce guide, au titre des éléments de couverture.



Exemple d'éléments structuraux et d'éléments non structuraux du cadre bâti

COMMENTAIRE

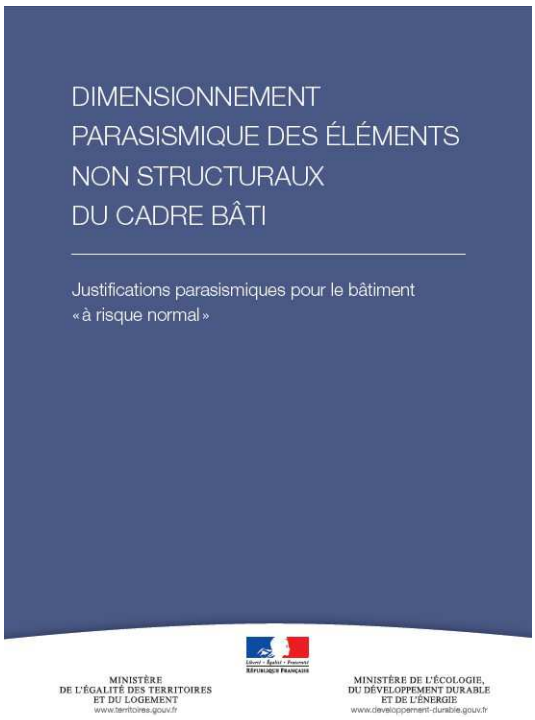
La définition d'« éléments non structuraux du cadre bâti » est volontairement plus restreinte dans ce guide que les définitions apportées par l'Eurocode 8 partie 1 (§ 4.3.5 norme NF EN 1998-1 septembre 2005) et dans l'Eurocode 1. En effet, l'Eurocode 8 traite également des éléments non structuraux et d'équipements techniques non spécifiques au cadre bâti. Le guide ne vise que le traitement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti. Il est alors nécessaire de distinguer dans ce commentaire les éléments listés par l'Eurocode 8 non retenus au sens de ce guide :

Éléments visés par l'EC 1 et l'EC 8	Éléments Non structuraux cadre bâti	Non considérés comme éléments non structuraux du cadre bâti	Commentaires
Cloisons	**X**		
Faux-plafonds	**X**		
Façades : bardage, vêtures, murs rideaux, isolation thermique par l'extérieur	**X**		
Couvertures, toitures	**X**		
Garde-corps, acrotères	**X**		Seuls les garde-corps et acrotères maçonnés sont considérés comme des éléments non structuraux du cadre bâti
Cheminées	**X**		Seules les souches de cheminées maçonnées sont considérées comme des éléments non structuraux du cadre bâti
Menuiseries extérieures	**X**		
Meubles lourds		**X**	
Antennes		**X**	
Signalisations et panneaux d'affichage		**X**	
Mâts et réservoirs sur poteaux		**X**	
Clôtures		**X**	

Tableau 2 : Classification des éléments non structuraux visés par les Eurocodes 1 et 8

Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti

La réglementation parasismique impose, dans certaines zones sismiques et pour certaines catégories de bâtiment, le dim
bâtiment neuf mais également dans un bâtiment existant, à l'occasion d'ajout ou du remplacement d'un de ces éléments lors de travaux sur la structure.
La partie de l'Eurocode 8-1 relative aux exigences sur les éléments non structuraux des bâtiments « à risque normal » demandait à être précisée afin de définir les principes de dimensionnement et de vérification propres aux éléments non structuraux du cadre bâti.

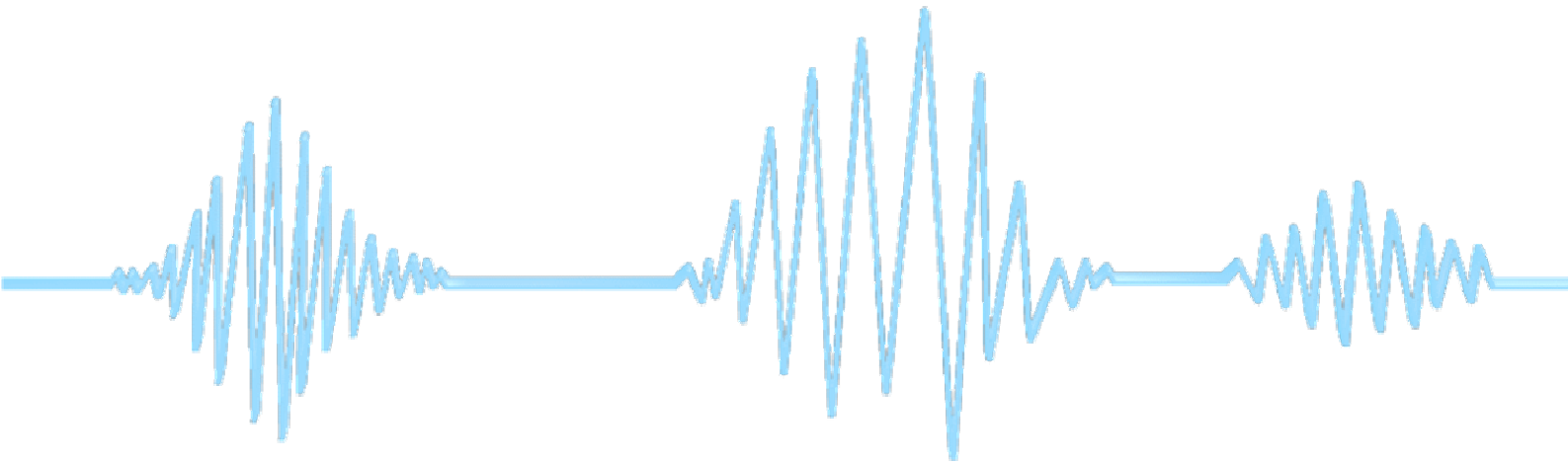


Le guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à risque normal » édité par le ministère de l'égalité des territoires et du logement et le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie vient donc expliciter le champ et les principes de l'Eurocode 8 dans sa partie dédiée aux éléments non structuraux du cadre bâti afin de proposer une méthode simplifiée pour l'application des clauses réglementaires.

Dans un premier temps, sont définis, à partir de la liste de l'Eurocode 8, les éléments non structuraux du cadre bâti devant faire l'objet d'un traitement parasismique (cf. paragraphe précédent). Le guide précise, dans sa seconde partie, les objectifs de comportement, les principes d'analyse et de vérification ainsi que les paramètres à retenir pour l'application de l'Eurocode 8 aux éléments non structuraux du cadre bâti.
Ce guide peut être utilisé, conformément à l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié pour les éléments non structuraux (ENS) des bâtiments nouveaux en application des § 1° et § 2° de l'article 3 et pour l'ajout ou le remplacement d'éléments non structuraux dans les bâtiments existants lors de travaux sur la structure, tel que défini par les conditions particulières du § 3° de l'article 3.

La réglementation parasismique nationale applicable aux bâtiments et autres types d'ouvrages est rappelée dans l'annexe 4-4.

ANNEXE 4-8
Renforcement parasismique volontaire du bâti existant



Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme



Les séismes récents survenus sur le territoire national ou dans les pays européens limitrophes montrent que le risque sismique concerne principalement les ouvrages existants construits préalablement à l'application de normes parasismiques. Les ouvrages ayant été construits et conçus conformément aux normes parasismiques n'ont que très rarement entraîné des dommages humains.

La résorption de la vulnérabilité du bâti existant est l'un des principaux enjeux de la réduction du risque sismique sur le territoire français. Cependant, les contraintes relatives au renforcement parasismique sont parfois fortes : prise en compte de la dimension socioéconomique du projet, mauvaise connaissance du bâti, difficulté pour choisir une stratégie de renforcement. L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié vient faciliter les démarches de renforcement volontaire de la part d'un maître d'ouvrage, en permettant de choisir le niveau de confortement.

Le ministère de l'égalité des territoires et du logement (METL) et le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (MEDDE) ont souhaité apporter aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et entreprises des éléments de réponse relatif au diagnostic et au renforcement du bâti existant. Pour cela, la Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des Paysages (DHUP) a confié à l'Association Française de Génie Parasismique (AFPS) et au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) la rédaction d'un guide explicitant la démarche à adopter pour le traitement des bâtiments existants.

Le guide s'appuie sur les dispositions relatives au renforcement volontaire défini dans l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié et sur les dispositions de l'Eurocode 8 partie 3, règles de construction retenues par la réglementation (NF EN 19983 décembre 2005).

Le document issu du groupe de travail aborde cinq grandes étapes de la démarche de diagnostic et de renforcement d'un bâti existant :

Le premier chapitre rappelle la réglementation parasismique en cas de renforcement volontaire d'un bâtiment existant et la traduction dans les règles de construction de la possibilité de choisir un niveau de renforcement.
La collecte d'information sur un bâtiment est une étape décisive pour évaluer la capacité de la structure à résister à un séisme de la façon la plus fiable et la plus précise possible. Le second chapitre synthétise les éléments à prendre en compte lors de cette étape, du contexte général des techniques constructives à l'époque de la construction aux éléments à relever lors de la visite terrain du bâtiment.

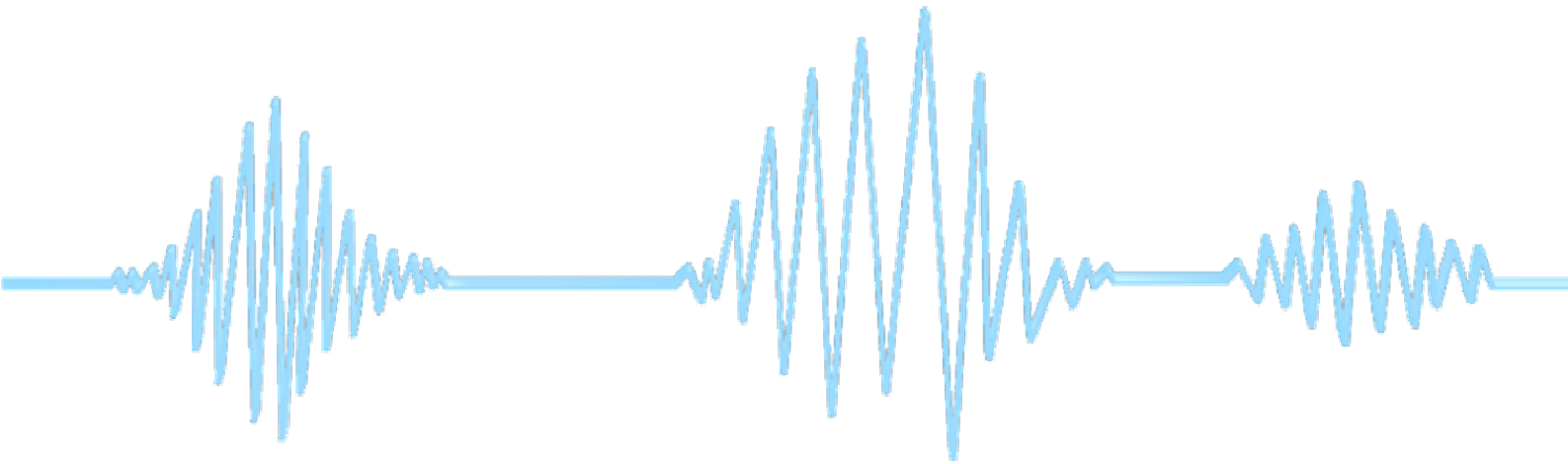
Le troisième chapitre fait état de la diversité des méthodes de diagnostic et de leurs objectifs. Il distingue les méthodes simplifiées, s'appuyant sur l'identification des points critiques de la structure, des méthodes de calcul avancées permettent de justifier la tenue de la structure ou de déterminer le besoin précis de renforcement.

L'étape suivante se rapporte au choix de la stratégie d'un renforcement adapté au projet considéré. Les solutions de renforcement les plus courantes sont explicitées.
La cinquième étape concerne la justification des ouvrages renforcés conformément aux prescriptions de l'Eurocode 8 partie 3.

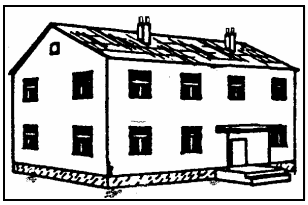
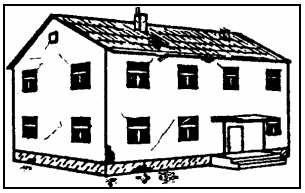
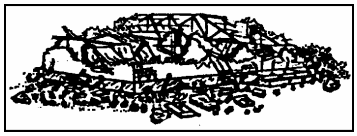
Le dernier chapitre du guide propose un retour d'expérience basé sur l'analyse des dommages et des renforcements de structures survenus lors de séismes récents. L'action de prévention sur le bâti existant se nourrit en effet de la connaissance des comportements des structures et des mécanismes de rupture observés lors de tremblements de terre.

Les rédacteurs du guide ont cherché à développer des outils techniques et à décliner sur des exemples la démarche de diagnostic et de renforcement de bâtiments existants. Celle-ci propose notamment un modèle de rapport de visite terrain et des exemples de diagnostics sur des bâtiments en maçonnerie, béton armé, acier et bois pour faciliter la déclinaison pratique du guide.

ANNEXE 4-9
Classification des dégâts aux bâtiments selon l'échelle EMS 98

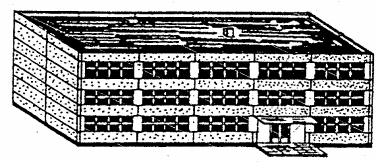
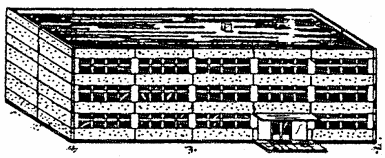
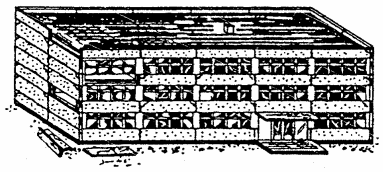
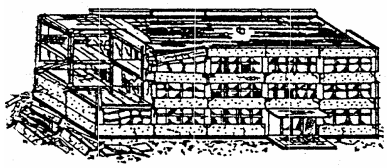
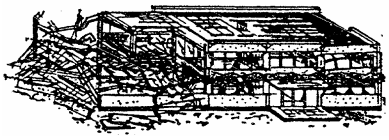


Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie et en béton armé selon l'échelle EMS 98 (Européan Macroseismic Scale)

Classification des dégâts aux bâtiments en MAÇONNERIE **(Degré 0 (D0) : dégâts nul)**	
	**Degré 1 (D1) : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structurel, légers dégâts non structuraux)** Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rare cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.
	**Degré 2 (D2) : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)** Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grand morceau de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.
	**Degré 3 (D3) : Dégâts sensibles à importants (dommages structuraux modérés, dommages non structuraux importants)** Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles se détachent du toit. Fracture des cheminées à la jonction avec le toit. Défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons).
	**Degré 4 (D4) : Dégâts très importants (Dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)** Défaillance sérieuse des murs, défaillance structurale partielle des toits et planchers.
	**Degré 5 (D5) : Destruction (Dégâts structuraux importants)** Effondrement total ou presque total.

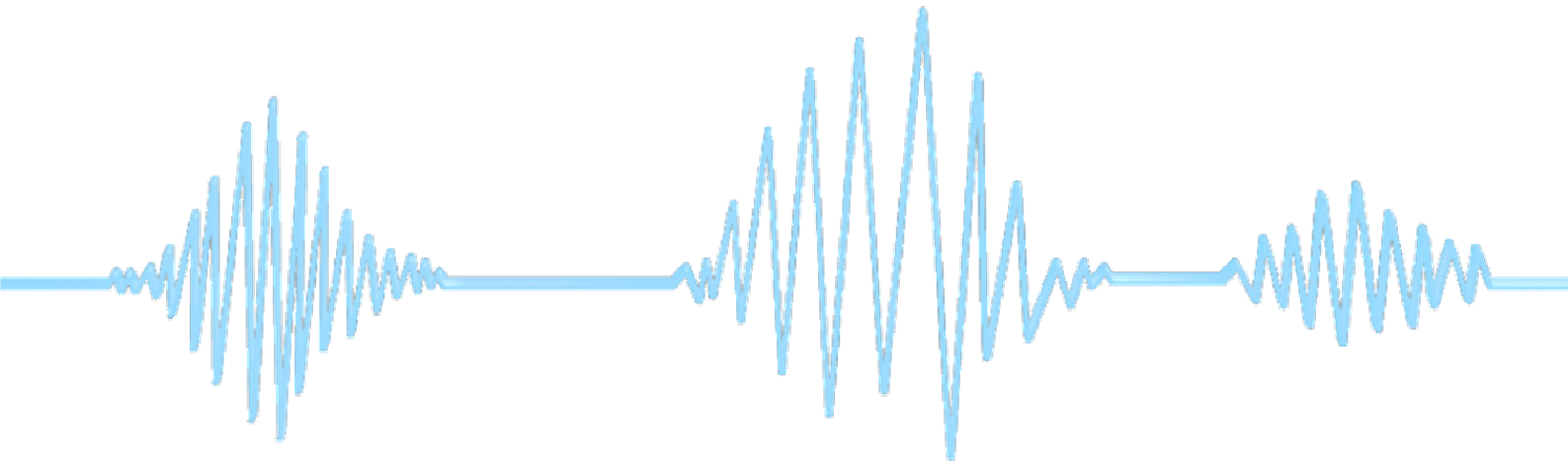
Classification des dégâts aux bâtiments en BETON ARME

(Degré 0 (D0) : dégâts nuls)

	**Degré 1 (D1) : Dégâts négligeables à légers (aucun dégât structurel, légers dégâts non structuraux)** Fissures fines dans le plâtre sur les parties de l'ossature ou sur les murs à la base. Fissures fines dans les cloisons et les remplissages.
	**Degré 2 (D2) : Dégâts modérés (dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)** Fissures dans les structures de types portiques (poteaux et poutres) et dans les structures avec murs. Fissures dans les cloisons et les murs de remplissage ; chute des revêtements friables et du plâtre. Chute du mortier aux jonctions entre les panneaux des murs.
	**Degré 3 (D3) : Dégâts sensibles à importants (dommages structuraux modérés, dommages non structuraux importants)** Fissures dans les poteaux et dans les nœuds à la base de l'ossature et aux extrémités des linteaux des murs avec des ouvertures. Ecaillage du revêtement de béton, flambement des barres d'armature longitudinale. Fissures importantes dans les cloisons et les murs de remplissage, défaillance de certains panneaux de remplissage.
	**Degré 4 (D4) : Dégâts très importants (Dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)** Fissures importantes dans les éléments structuraux avec défaillance en compression du béton et rupture des barres à haute adhérence ; perte de l'adhérence acier-béton ; basculement des poteaux. Ecroulement de quelques poteaux ou d'un étage supérieur.
	**Degré 5 (D5) : Destruction (Dégâts structuraux très importants)** Effondrement total du rez-de-chaussée ou de parties de bâtiments.

D'après "European Macroseismic Scale 1998", sous la direction de G. Grünthal. (Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie Volume 19, Luxembourg 2001).

ANNEXE 4-10
Le séisme de Lambesc
11 juin 1909
et
témoignages recueillis sur la commune de Grans





Séisme de Lambesc du 11 juin 1909

Tout à coup une secousse étrange se produit…La terre tremble, les murs, les arbres se balancent sur leurs bases…Un sinistre grondement souterrain se fait entendre ; on est d'abord surpris, puis épouvantés… Une seconde secousse plus forte, puis une troisième, peut-être une quatrième, tout tremble, tout craque ; ceux qui le peuvent s'enfuient affolés…Mais déjà tout est fini : le tout a duré au plus dix secondes. Et voilà qu'en dix secondes quatre villages sont détruits, une quinzaine d'autres gravement endommagés et quarante-trois cadavres sont ensevelis sous les ruines des maisons écroulées.

Il était un peu plus de 21 h, le 11 juin 1909, lorsqu'un violent séisme suivi, une vingtaine de minutes plus tard, par une seconde secousse, ébranlèrent tout le Sud-Est de la France. De Perpignan à Nîmes, de Montpellier à Avignon, partout la population, encore très marquée par le tout récent séisme meurtrier de Messine (Italie) du 28 décembre 1908, fut prise de panique. Si les habitants de Toulon ont d'abord pu croire à l'explosion d'une des nombreuses poudrières que comptait la ville, il est très rapidement admis que les secousses ressenties sont imputables à un séisme. Ainsi, un journal de Marseille annonçait-il au matin du 12 juin : *« Ce qui est certain, c'est que des secousses plus graves que celles ressenties à Marseille ont pu être éprouvées loin, très loin, en quelque lieu que nous connaîtrons demain sans doute, à moins que ce ne soit un point du globe inhabité. »*

Il n'en est malheureusement rien, et en lieu et place de lointaines contrées, c'est le pays provençal de la Trévaresse qui a été le siège des secousses les plus violentes. Dans ce massif, pendant les quelques secondes qu'ont duré les secousses, ce sont des villages entiers qui ont été détruits. Façades écroulées, clochers effondrés y font désormais office de paysage, tuant dans leur chute plus d'une quarantaine de personnes dans six villages : Lambesc, Rognes, Saint-Cannat, Pélissanne, Puy-Sainte-Réparade et Vernègues.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

www.developpement-durable.gouv.fr



Dégâts – Saint-Cannat

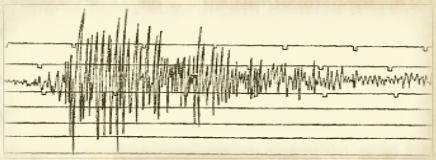
Dans toute la région les dommages sont considérables, inspirant au journaliste du *Petit-Marseillais* envoyé sur la zone sinistrée ce triste constat : « *Au-dessous de nous, toutes les vieilles maisons poussiéreuses sont couchées les unes sur les autres. On dirait qu'un géant s'est amusé avec elles – comme un enfant joue aux billes – à les faire se toucher.* »

La seule vision des champs de ruines fait craindre un nombre de victimes bien plus élevé encore que celui observé. Fort heureusement, la population provençale étant habituée de profiter des heures fraîches des débuts de soirées printanières, de nombreuses personnes se trouvaient encore à l'extérieur au moment du séisme et non dans leurs habitations. Selon l'avis d'un habitant de Rognes « *Si le tremblement de terre [...] s'était produit une heure plus tard, c'est-à-dire au moment où tout le monde serait rentré chez soi, tous les habitants du village ou à peu près tous auraient été ensevelis sous les décombres* ». C'est que le village de Rognes, point culminant du massif de la Trévaresse, a eu à souffrir des dommages encore plus conséquents compte tenu de sa configuration topographique, laquelle amplifia les mouvements du sol. Ainsi, dans la partie ancienne et supérieure du village, le quartier du Foussa, construit à flancs de colline, s'effondra en totalité « *Les maisons dégringolant les unes sur les autres ; un énorme rocher se précipitant du haut de la colline acheva le désastre* ». Au lendemain du séisme, des témoins affirmèrent qu'il était impossible de reconnaître le tracé de la moindre rue au milieu des décombres de ce quartier. Dans une moindre mesure, de semblables effets de site topographiques ont été observés à Venelles, à Mallemort ou dans le vieux Miramas.

À Salon, « *Une partie des fortes murailles qui entourent le château [...] a été, sur une longueur de 25 mètres, précipitée dans le vide par la secousse sismique. Elle s'est abattue sur les immeubles situés en contrebas. [...] Et cependant, fait inimaginable et heureux, sous les décombres de ces modestes logis, aucune victime, aucun blessé ne resta enseveli.* »

Miraculeusement préservée de victime, les dégâts à Salon furent pourtant immenses. Ils valurent à la ville de présenter des dommages dont la valeur estimée (près de 14 millions de francs de l'époque) était la plus importante. Outre l'effondrement d'un grand nombre de bâtiments et la ruine d'une partie de son château (la tour du pigeonnier dut être dynamitée afin qu'elle ne s'écroulât point sur les habitations en contrebas), on y observa également un grand nombre d'immeubles dont les façades à peine lézardées cachaient un intérieur complètement ravagé.

À la généralisation des dommages dans la région épicentrale, tous les villages n'eurent cependant pas à souffrir de la même manière. Plus que les effets liés à la topographie, c'est, semble-t-il, la nature même des sols qui conditionna la violence du mouvement sismique. C'est ce que constata le commandant Spiess en charge d'une enquête de terrain sur la détermination des dommages : « *D'une manière générale, les édifices construits sur des roches solides, tels que les calcaires compacts, ont beaucoup mieux résisté que ceux reposant sur des terrains moins consistants.* »



Sismogramme du séisme d'après l'observatoire du Parc-Saint-Maur (Paris)

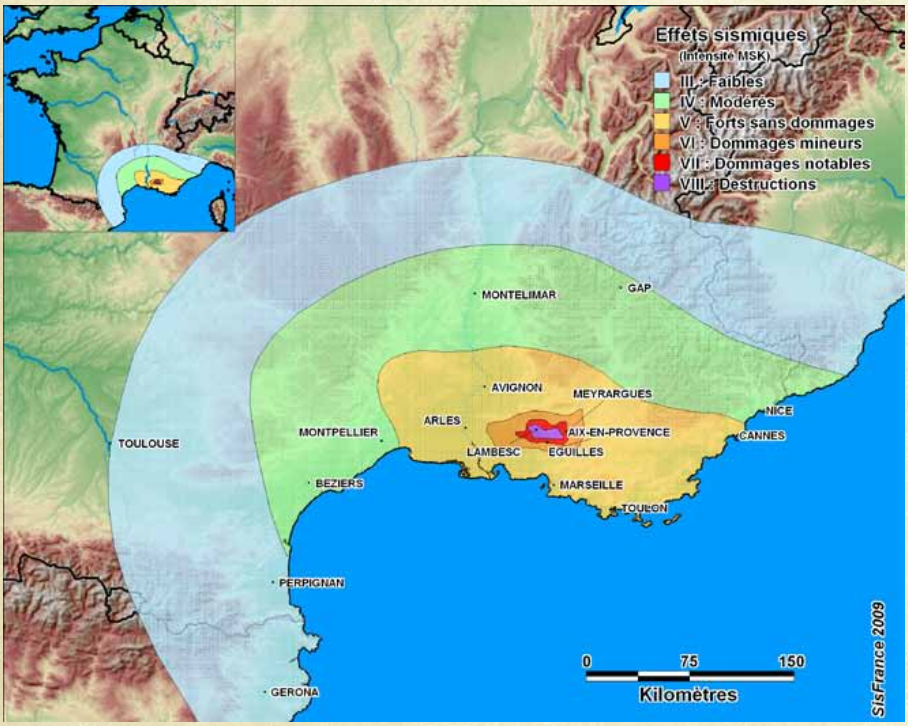
Au-delà de la zone épicentrale, le séisme provençal du 11 juin 1909 affecta une zone très étendue en France : pas moins d'une vingtaine de départements constatèrent les vibrations, violemment comme dans les Bouches-du-Rhône, le Vaucluse, le Var et le Gard ou plus légèrement comme dans les Pyrénées-Orientales ou la Haute-Loire.

À Aix-en-Provence, située à une vingtaine de kilomètres de l'épicentre, la toiture d'un bâtiment s'effondra, des vitres furent brisées, et le courant élec-

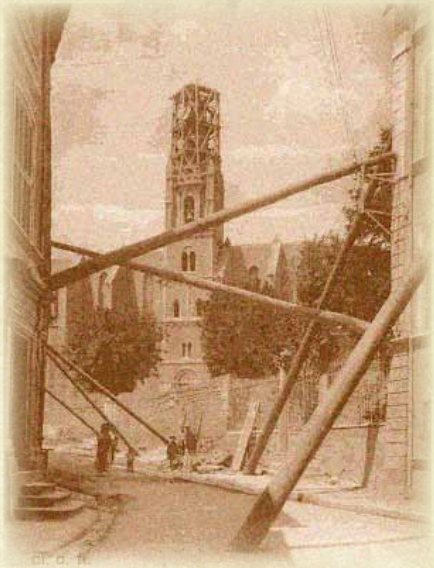
trique fut coupé, plongeant ainsi la ville dans l'obscurité. Quelques kilomètres plus au sud, à Marseille, un véritable affolement s'est emparé de la population, il est vrai amplifié par la récente catastrophe de Messine. En de nombreux endroits, la cité phocéenne a même vu apparaître des campements improvisés de personnes refusant de regagner leur domicile par crainte de répliques. À plus grande distance de la Trévaresse, les effets du séisme furent encore nettement ressentis mais moins violents, les secousses se contentant de stopper le balancement de pendules d'horloges comme à Montpellier, ou faisant se déplacer légèrement de petits meubles aux étages supérieurs des maisons comme à Perpignan.

À l'étranger, le séisme fut ressenti en Italie, dans les régions de Ligurie et du Piémont, et en Espagne jusqu'à Barcelone.

Dans les mois qui suivirent, on ne compta pas moins d'une vingtaine de répliques. Certaines, relativement fortes, plongèrent la population dans l'inquiétude et le désarroi, tandis que d'autres, plus légères, eurent pour principal effet de faire parler les langues comme l'écrivit un journaliste du *Petit Provençal* : *« - L'avez-vous ressentie, demandons nous ? – Non, nous répond-t-on, mais comme tout le monde prétend qu'elle a eu lieu, nous avons fini par croire que nous l'avions ressentie. »*



Isoséistes du séisme de Lambesc du 11 juin 1909 à partir des données SisFrance


Consolidation d'édifices par les troupes du Génie militaire à Salon-de-Provence

Retour sur la gestion de crise

« Le désastre était grand ; il n'eut d'égal que l'empressement que l'on apporta de tous côtés à l'organisation des secours. »

Passée la stupeur des premières heures, la population s'organisa très vite pour secourir les personnes piégées sous les décombres. Partout, de Lambesc à Saint-Cannat, de Rognes à Vernègues, les sauvetages se multiplièrent, les sauveteurs improvisés travaillant de nuit au milieu des maisons écroulées et des murs branlants.

Le lendemain, 12 juin, arrivèrent les premiers secours extérieurs, avec notamment un envoi massif de troupes militaires venues d'Aix ou d'Avignon. Sur place, les soldats s'attelèrent à poursuivre les opérations de sauvetage ainsi qu'à sécuriser

la zone sinistrée où la seule force du Mistral suffisait parfois à faire s'effondrer des pans entiers de murs… Par la suite, les troupes du Génie multiplièrent les interventions, tantôt par la destruction de bâtiments menaçant ruine, tantôt par l'installation d'étais sur des maisons semblant pouvoir être réparées.

Mais, au-delà des secours proprement dits, l'exemple du séisme de Lambesc est remarquable par l'organisation de la gestion de crise. Orchestrée au niveau de *« comités locaux de secours »*, l'aide se manifesta sous de nombreuses formes, allant de la prise en charge des victimes (hébergement et nourriture) à la récolte de fonds, en passant par des dons de tous ordres (matériaux de construction, vivres…).

Bien que l'initiative privée tint une place extrêmement importante, le parallèle avec la gestion de crise d'événements plus récents ne peut manquer, à l'image de ces camps de réfugiés composés de tentes militaires dressées lors du séisme de L'Aquila (Italie) du 6 avril 2009, camps que l'on trouvait déjà en Provence en 1909…



Camps de réfugiés : séisme de Lambesc (1909) et séisme de L'Aquila (2009)

Présent pour l'avenir

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement
Direction générale de la Prévention des risques
92055 La Défense Cedex
Tél. 33 (0)1 40 81 21 22

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement

www.developpement-durable.gouv.fr

DICOM - DGPR/11020/ Photos et Illustrations : E. Beck/AFPS - BRGM / Texte : S. Auclair (BRGM) /Octobre 2011

Séisme de 1909
Témoignages recueillis
sur la commune de Grans
lors des événements du 11 juin 1909

Les tremblements de terre

Si nous continuons notre enquête en nous dirigeant vers le sud, nous rencontrons au-dessous de Salon les communes de ***Grans***, Miramas, Lançon, Cornillon peu éloignées de la région la plus bouleversé.

A ***Grans***, la première secousse fut très légère, mais celle qui suivit fut particulièrement violente et accompagnée d'un grondement sourd et prolongé. Le rapprochement des fils électriques produisait une immense étincelle, tandis que, dans les rues, couraient les habitants demi-vêtus, affolés, criant, pleurant, s'interpellant. Ce n'est qu'au petit jour que l'on put se rendre compte de l'étendue du désastre. Presque tous les immeubles ont été fortement ébranlés, crevassés : des pans de mur, des corniches sont tombés. Une partie de la rampe en pierre du clocher s'est également effondrée, les locaux des écoles et de la mairie ont été sérieusement endommagés.



A Grans, le clocher est à moitié détruit, les écoles inhabitables ainsi que beaucoup de maisons.

http://observatoire-regional-risques-paca.fr/

L'Abbé MOREUX*, Directeur de l'observatoire de Bourges a écrit : « ... à la Barben on n'a, heureusement pas de morts à déplorer, les habitants ayant été avertis par une première secousse qui se fit sentir vers 9 h du soir ... « , « à Grans, la première secousse fut très légère mais celle qui suivit fut particulièrement violente ... ».

Extrait du document « Simulation du séisme provençal de 1909 » - CETE Méditerranée – Décembre 1983

« Je citerai d'abord ***Grans***. Il n'y a eu aucune victime ; mais les dégâts matériels sont importants ; le clocher est à moitié démoli ; les écoles ont été endommagées ; l'ancien presbytère devra certainement être jeté bas. »

Extrait du document « Observations faites sur le tremblement de terre de Provence » - Paul Lemoine - Bulletin de la société philomatique de Paris – 1909

« A ***Grans***, M. Bédarrides, maire est absent, mais son adjoint, M. Rebillet, nous reçoit et nous explique les dégâts causés par le sinistre. Les écoles ont été endommagées, l'ancien presbytère est à démolir.

La localité de ***Grans*** a reçu, hier la visite de M. Paul, agent voyer délégué par la préfecture ; M. Hatat, agent voyer en retraite, s'était joint à lui et ces deux spécialistes ont établi le taux de dommages. Ils estiment que plusieurs maisons sont à démolir. Il y en a de nombreuses qui ont été ébranlées et la population, assez apeurée, couche en plein champs, dans des baraquements improvisés. On attend des tentes et il est urgent qu'elles arrivent promptement, car il y a plus de six cent personnes sans abri. »

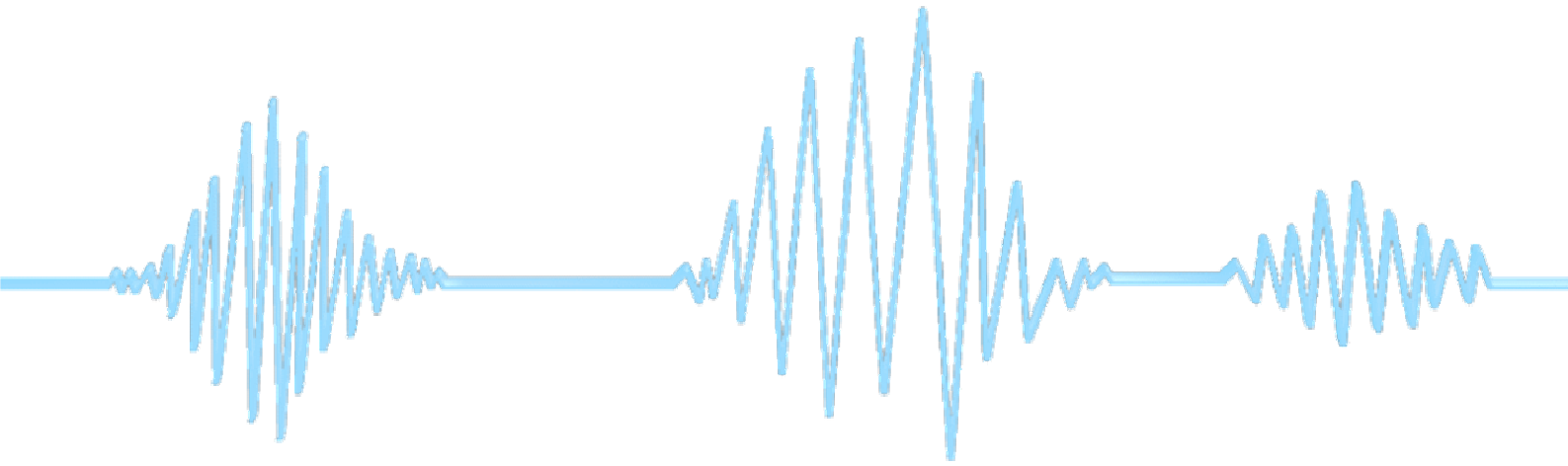
Extrait du journal « Le Petit Marseillais » - 19 juin 1909

« Nous constatons, avec plaisir que notre municipalité n'a rien négligé pour venir en aide aux familles nécessiteuses et créer un abri aux personnes sans asile.

Des tentes ont été dressées sur diverses places de notre localité.[...] On nous signale la démolition de plusieurs habitations qui menacent de s'écrouler »

Extrait du journal « Le Petit Provençal » - 20 juin 1909

ANNEXE 4-11
Le Financement par le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM) ou Fonds Barnier



La Loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement a créé le **Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs** (FPRNM, dit « Fonds Barnier »)

L'article L. 561-3 du code de l'Environnement fixe la nature des dépenses que ce fonds est chargé, dans la limite de ses ressources, de financer, ainsi que la nature des mesures de prévention au financement desquelles le fonds peut contribuer et les conditions auxquelles ce financement est subordonné.

Il précise entre autre que le FPRNM peut contribuer au financement des **études et travaux de prévention** définis et rendus obligatoires par un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé en application du 4º du II de l'article L. 562-1 sur des biens à usage d'habitation ou sur des biens utilisés dans le cadre d'activités professionnelles relevant de personnes physiques ou morales employant moins de vingt salariés et notamment d'entreprises industrielles, commerciales, agricoles ou artisanales.

Conformément aux dispositions prévues à l'article R.562-5 du Code de l'Environnement, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

L'arrêté interministériel du 12 janvier 2005 relatif aux subventions accordées au titre du financement par le FPRNM de mesures de prévention des risques naturels majeurs précise les renseignements et documents qui doivent être fournis à l'appui des demandes de subvention présentées en vue du financement des mesures de prévention auquel peut contribuer le FPRNM.

Les **demandes de subventions** sur le fonds Barnier sont instruites suivant la procédure pour les subventions d'investissement de l'Etat (Circulaire sur fonds Barnier du 23 avril 2007 et Décret du 16 décembre 1999).

Vous trouverez ci-après un dossier type de demande de subvention au titre du fonds de prévention pour les risques majeurs (FPRNM) à renseigner pour les études et travaux prescrits par le PPR sur les biens et activités existants.

Ce dossier de demande de subvention ainsi que les pièces nécessaires à l'instruction du dossier sont à adresser à :

Monsieur le Préfet des Bouches-du-Rhône
Direction Départementale des Territoires et de la Mer
Service Urbanisme
16 rue Antoine Zattara
13 332 Marseille CEDEX 3

Nous vous conseillons de vérifier votre éligibilité avant de monter un dossier complet.

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DES
BOUCHES-DU-RHÔNE

Direction départementale
des Territoires et de la Mer

DOSSIER DE DEMANDE DE SUBVENTION AU TITRE DU FOND DE PRÉVENTION DES RISQUES NATURELS MAJEURS (FPRNM)

DOSSIER A REMETTRE A LA DDTM 13- Service Urbanisme – Pôle Risques
16, rue Antoine Zattara 13332 Marseille cedex 3

ETAPES DE LA PROCEDURE
(décret n°99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'État pour des projets d'investissement)

A -RECEVABILITE DU DOSSIER

Lettre de l'administration au pétitionnaire dans un délai maximum de 2 MOIS à compter de la date de dépôt.
Aucun commencement du projet ne peut être opéré avant la date à laquelle le dossier est considéré comme complet.

B - INSTRUCTION DE LA DEMANDE

Délai maximum de 6 mois à compter de la date de recevabilité. Le pétitionnaire peut commencer les travaux après réception de l'accusé de réception de dossier complet (qui ne vaut pas promesse de subvention), sous réserve d'en informer le pôle risque de la DDTM 13.

- si avis favorable : notification par courrier de l'ARRÊTÉ PREFECTORAL D'ATTRIBUTION DE SUBVENTION. Le pétitionnaire dispose d'un délai de 2 ans pour commencer les travaux.
Le versement de la subvention intervient à l'achèvement des travaux, au vu des factures et à l'issue du contrôle par l'administration du service fait.

- si avis défavorable : notification par courrier du refus d'attribution de subvention.

RAPPEL DES MESURES FINANCABLES DANS LE CADRE DE LA REDUCTION DE LA VULNERABILITE FACE AU RISQUE NATUREL:

La Loi n°95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement a créé le **Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs** (FPRNM, dit « Fonds Barnier »). L'article L. 561-3 du code de l'Environnement fixe la nature des dépenses que ce fonds est chargé, dans la limite de ses ressources, de financer, ainsi que la nature des mesures de prévention au financement desquelles le fonds peut contribuer et les conditions auxquelles ce financement est subordonné.

Il précise entre autres que le FPRNM peut contribuer au financement des **études et travaux de prévention** définis et rendus obligatoires par un plan de prévention des risques naturels prévisibles approuvé en application du 4º du II de l'article L. 562-1 sur des biens à usage d'habitation ou sur des biens utilisés dans le cadre d'activités professionnelles relevant de **personnes physiques ou morales** employant moins de vingt salariés et notamment d'entreprises industrielles, commerciales, agricoles ou artisanales. Le taux maximum de subvention est de :

- 20% des dépenses éligibles réalisées sur les biens utilisés dans le cadre d'activités professionnelles,
- 40% des dépenses éligibles réalisées sur des biens utilisés à usage d'habitation ou à usage mixte.

Conformément aux dispositions prévues à l'article R.562-5 du Code de l'Environnement, les travaux de prévention imposés à des biens construits ou aménagés conformément aux dispositions du code de l'urbanisme avant l'approbation du plan et mis à la charge des propriétaires, exploitants ou utilisateurs ne peuvent porter que sur des aménagements limités dont **le coût est inférieur à 10 % de la valeur vénale** ou estimée du bien à la date d'approbation du plan.

Les mesures rendues obligatoires pour votre bien **sont consultables dans le règlement du PPR de votre commune** que vous trouverez sur le site internet des services de l'Etat dans le département (http://www.bouches-du-rhone.gouv.fr/) ou dans votre mairie.

PHASE 1 : Eligibilité financière de votre projet au titre du FPRNM

En préalable à la production de votre dossier complet de demande de subvention, vous devez faire établir une **estimation de votre bien** par les domaines, un office notarial, ou une agence immobilière.

Cette estimation, ainsi qu'une estimation sommaire des travaux projetés, nous permettra de définir le montant de travaux éligibles pour votre demande de subvention dans le cadre de la limite des 10% de la valeur vénale du bien.

Nous vous conseillons de vérifier votre éligibilité avant de monter un dossier complet.

Calcul de vérification de l'éligibilité :

Montant des Travaux envisagés: T=….....€

Valeur vénale du bien bâti: V=….....€

10 % de la valeur vénale : v = 10% xV = ….....€

Ce résultat « v » est le montant maximum éligible pour la subvention FPRNM.

Si v < T alors travaux inéligibles

Si v ≥ T alors travaux éligibles

Si votre dossier est éligible, vous pouvez constituer un dossier de demande de subvention => PHASE 2

PHASE 2 : votre projet est ELIGIBLE financièrement au titre du FPRNM

1. LISTE DES PIÈCES À JOINDRE À VOTRE DEMANDE DE SUBVENTION :

Cas général :

Pièces nécessaires	Pièces fournies
La **présente demande de subvention** datée et signée du propriétaire, de l'exploitant ou du gestionnaire des biens concernés ou de son mandataire indiquant sa qualité à agir, et portant, le cas échéant, référence précise de la mesure du PPR dont il doit être fait application, ou du représentant de la commune ou du groupement de communes compétent	☐
Photocopie Carte Nationale d'Identité	☐
Justificatif de domicile (facture ERDF , Télécom…)	☐
Certificat de propriété ou **autorisation** de faire les travaux du propriétaire	☐
Joindre **un RIB**	☐
Un plan de localisation de l'unité foncière concernée et du **zonage PPR** avec indication complète de la référence cadastrale	☐
Un document attestant de la souscription pour les biens concernés d'un **contrat d'assurance dommages en cours de validité** (« multirisques habitation » incluant la garantie contre les catastrophes naturelles ou équivalent pour une activité).	☐
En cas de sinistre déjà survenu, une attestation de l'entreprise d'assurance du propriétaire indiquant le montant des indemnités versées au titre de la garantie contre les effets des catastrophes naturelles et la nature des travaux de remise en état pour lesquels ces indemnités ont été versées, ainsi que la copie des factures d'entreprises ayant réalisé ces travaux ou, dans le cas où ces travaux n'ont pas été réalisés, un devis détaillé permettant d'identifier les travaux de remise en état susceptibles de contribuer à la réalisation des opérations, études et travaux de prévention et le surcoût éventuel généré par ces derniers	☐
Un **devis détaillé du coût des opérations**, études et travaux nécessaires comprenant un descriptif précis de la nature des travaux envisagés accompagné le cas échéant de tout élément utile à la compréhension du projet.	☐
Si les travaux nécessitent une demande de Permis de Construire ou une Déclaration de Travaux, le récépissé de dépôt de la demande sera fourni.	☐

Cas particuliers (concerne les cas liés aux mandataires ou exploitants) :

Pièces nécessaires	Pièces fournies
Dans le cas où **un mandataire professionnel**, régi par la loi du 2 janvier 1970, dite loi «Hoguet», est désigné pour le dépôt du dossier, le dossier comprend en outre : Une photocopie du mandat de gestion « type loi Hoguet », accompagnée d'une photocopie de la carte professionnelle « gestion immobilière »	☐
Dans le cas où un **mandataire non professionnel**, régi par la loi du 2 janvier 1970, dite loi «Hoguet», le dossier comprend en outre : Une procuration sous seing privé, dûment signée des deux parties, ou une procuration autorisant un mandataire nommément désigné à prendre tous les engagements, à déposer le dossier et à recevoir, pour le compte du propriétaire, de l'exploitant ou du gestionnaire tout courrier envoyé par lui	☐
Si les travaux sont exécutés par **un exploitant ou un gestionnaire locataire des biens**, le dossier comprend en outre : Une déclaration sur l'honneur du locataire selon laquelle le propriétaire ne s'est pas opposé aux travaux et n'a pas déclaré les entreprendre lui-même	☐
Dans le cas d'une demande de subvention présentée pour **des études et travaux de prévention intéressant des biens d'activités professionnelles** en application du 4° du I de l'article L. 561-3 du code de l'environnement, le dossier comprend en outre : une attestation de la chambre d'agriculture, de la chambre de commerce et d'industrie, de la chambre des métiers ou de tout autre organisme chargé de la tenue d'un registre de publicité légale indiquant la nature de l'activité exercée, son régime juridique et le nombre de salariés employés par la personne physique ou morale concernée à la date de la demande de subvention	☐

2. <u>IDENTIFICATION DU BIEN</u> :

Référence cadastrale : section : feuille : n° parcelle :

Adresse du bien : …….
……..

Zonage du bien au POS/PLU : et zonage au PPR :

Occupation du bien :

□ maison individuelle

□ logement en immeuble collectif

□ bâtiment accueillant une entreprise de moins de 20 salariés

□ bâtiment accueillant une entreprise de plus de 20 salariés

□ bâtiment recevant du public

3. <u>INTITULE DU PROJET</u> :

……
……
……

4. <u>IDENTIFICATION DU DEMANDEUR</u> :

Pour les personnes morales :

Raison sociale :
|__|__|__

Pour les personnes physiques :

CIVILITE:
□ Madame
□ Monsieur
NOM du demandeur:
|__|__|__

6. <u>CARACTERISTIQUES DU PROJET</u> (diagnostic ou travaux à préciser)

Présentation succincte du projet
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

7. <u>DEPENSES PREVISIONNELLES</u> :

NATURE DES DEPENSES	MONTANT H.T.	MONTANT T.T.C (A compléter uniquement si vous ne récupérez pas la TVA)	DEVIS (Cocher si joint)
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐
	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	|__|__|__|__|__|__|,|__|__|	☐

<u>Calendrier prévisionnel des dépenses</u> :

Date prévisionnelle de début de projet: _ _ / _ _ _ _ (mois, année)
Date prévisionnelle de fin de projet: _ _ / _ _ _ _ (mois, année)

8. PLAN DE FINANCEMENT PREVISIONNEL DU PROJET:

DEPENSES			RESSOURCES		
	Montant HT	Montant TTC		Montant HT	Montant TTC
Travaux :			Aides publiques Etat FPRNM Autres : Autofinancement : Fonds propres Emprunt		
TOTAL			TOTAL		

9. <u>ENGAGEMENTS DU DEMANDEUR</u> (cocher les cases nécessaires)

☐ Je demande à bénéficier des aides au titre du Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM), et

J'atteste sur l'honneur:

☐ Ne pas avoir sollicité pour le même projet, une aide autre que celles indiquées sur le présent formulaire de demande d'aide,

☐ L'exactitude des renseignements fournis dans le présent formulaire et les pièces jointes,

☐ Etre propriétaire des biens mobiliers sur lesquels l'implantation est projetée,

☐ Ou avoir obtenu de la part des propriétaires des biens immobiliers sur lesquels la ou les implantations sont projetées, l'autorisation de réaliser ces engagements,

☐ Ne pas récupérer la TVA (si les dépenses prévisionnelles sont présentées en TTC)

☐ Récupérer en totalité la TVA

☐ Récupérer partiellement la TVA

☐ Le bâtiment était existant avant l'approbation du PPR de ma commune.

NON COMMENCEMENT de PRESTATION AVANT ATTRIBUTION de l'ARRETE de SUBVENTION

Je prends note, que le commencement des prestations ne peut démarrer avant la date d'attribution de l'arrêté de subvention (ou éventuellement de celle du courrier attestant du caractère complet de mon dossier) ; sinon je ne pourrai bénéficier de la subvention.

Fait à …….., le ……

Signature, qualité et état civil du demandeur ou du représentant légal
et cachet du demandeur

Le Fonds de Prévention des Risques Naturels Majeurs (FPRNM) permet le financement de plusieurs types de mesures de prévention.
Il est régi notamment par :

- Arrêté du 12 janvier 2005 relatif aux subventions accordées au titre du financement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs de mesures de prévention des risques naturels majeurs.
Pour les particuliers les travaux éligibles à une subvention sont ceux prescrits par le PPR selon le zonage.
Les conditions d'éligibilité sont précisées par les textes suivants:

- la circulaire du 23 avril 2007 relative au financement par le fonds de prévention des risques naturels majeurs (FPRNM) de certaines mesures de prévention: voir en particulier les pages 34 et 36,

- l'article L561-3 du Code de l'Environnement: voir en particulier le § II-4,

- le décret n°99-1060 du 16 décembre 1999 relatif aux subventions de l'Etat pour des projets d'investissement qui précise les modalités d'instruction,

- la circulaire du 19 octobre 2000 d'application du décret n°99-1060 du 16 décembre relatif aux subventions de l'État pour les projets d'investissement qui précise le contenu général des dossiers à présenter et les délais d'instruction,

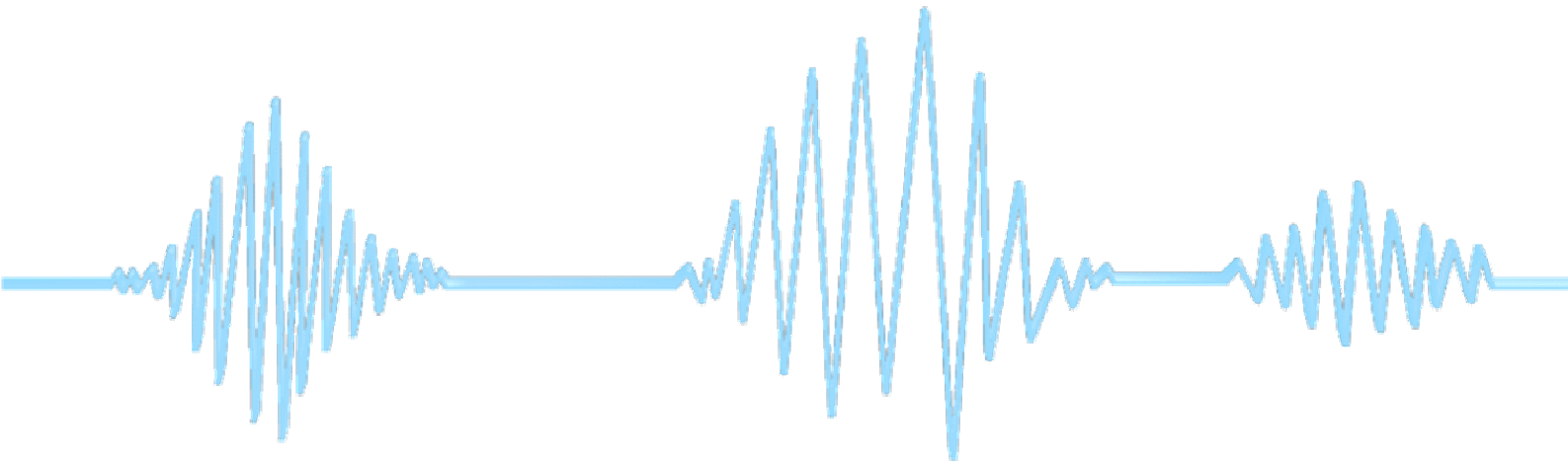
- l'arrêté du 5 juin 2003 relatif à la constitution du dossier pour une demande de subvention de l'Etat pour un projet d'investissement

- la loi n° 2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement

- la loi n° 2010-1657 du 29 décembre 2010 de finances pour 2011

- l'arrêté du 28 avril 2010 fixant le montant maximal des subventions accordées pour les acquisitions amiables de biens sinistrés et les mesures mentionnés au 2° du I de l'article L. 561-3 du code de l'environnement

ANNEXE 4-12
Textes réglementaires



TEXTES CONCERNANT LA REGLEMENTATION PARASISMIQUE ET LES PLANS DE PREVENTIONS DES RISQUES

Philososphie de la réglementation parasismique

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

ARRETES et DECRETS

Loi du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement ayant pour but de financer (Fonds Barnier) l'expropriation de biens exposés à certains risques naturels menaçant gravement des vies humaines.

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

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

Décret n° 2005-29 du 12 janvier 2005 élargissant les conditions d'utilisation du Fonds Barnier.

Avec le nouveau zonage, de nouveaux textes réglementaires fixant les règles de construction parasismiques ont été publiés :

- ✓ l'arrêté du 22 octobre 2010 (modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011) pour les bâtiments de la classe dite « à risque normal », applicable depuis le 1er mai 2011,
- ✓ l'arrêté du 4 octobre 2010 (notamment modifié par l'arrêté du 24 janvier 2011, du 13 septembre 2013 et du 19 mai 2015)fixant les règles parasismiques applicables à certaines ICPE, qui s'applique aux installations existantes et aux installations nouvelles autorisées après le 1er janvier 2013.
- ✓ l'arrêté du 26 octobre 2011 applicable aux ponts, entré en vigueur depuis le 1er janvier 2012.
- ✓ L'arrêté du 5 mars 2014 définissant les modalités d'application du chapitre V du titre V du Code de l'Environnement et portant règlement de la sécurité des canalisations de transport de gaz naturel ou assimilé, d'hydrocarbures et de produits chimiques, en vigueur depuis le 1er juillet 2014(à l'exception des dispositions relatives à la maîtrise de l'urbanisation entrées en vigueur au lendemain de la publication).

PRINCIPAUX TEXTES LEGISLATIFS ET REGLEMENTAIRES[1]

La procédure PPRN est définie par les articles L.562-1 à L.562-9, L. 563-1 et par les articles R. 562-1 à R. 562-10 (modalités d'application) du Code de l'Environnement.

Partie législative :

Article L.562-1 (CE[2]) *notamment relatif à la définition des objectifs des PPR*

Article L.562-2 (CE) *relatif à l'opposabilité immédiate des PPR*

Article L.562-3 (CE) *relatif à la concertation*

Article L.562-4 (CE) *relatif aux mesures d'affichage des PPR approuvés et à l'annexion des PPR aux POS/PLU (Servitude d'Utilité Publique)*

Article L.562-4-1 (CE) *relatif à la procédure de révision, de modification ou d'adaptation des PPR*

Article L.562-5 (CE) *relatif aux sanctions en cas de non-respect des dispositions des PPR*

Article L.562-6 (CE) *relatif aux PER et PSS (valant PPR)*

Article L.562-7 (CE) *relatif aux conditions d'application des articles L. 562-1 à L. 562-6 (par décret)*

Article L.562-8 (CE) *et* **Article L.562-8-1** (CE) *relatif aux PPR inondation*

Article L.562-9 (CE) *relatif aux PPR incendie de forêt*

Article L.563-1 (CE) *relatif à la possibilité d'application de règles (de construction) plus adaptées dans les zones exposées à un risque sismique ou cyclonique*

Partie réglementaire :

Article R.562-1 (CE) *relatif à la prescription des PPR par arrêté préfectoral*

Article R.562-2 (CE) *notamment relatif au contenu de l'arrêté de prescription des PPR*

Article R.562-3 (CE) *relatif au contenu des PPR (rapport de présentation, règlement, documents graphiques…)*

Article R.562-4 (CE) *relatif aux travaux contribuant à la prévention des risques (mesures de prévention, de protection et de sauvegarde) incombant aux collectivités publiques et aux particuliers*

Article R.562-5 (CE) *relatif aux mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation, l'exploitation imposés aux propriétaires, exploitants ou utilisateurs des biens existants à la date d'approbation d'un PPR*

Article R.562-6 (CE) *relatif à l'opposabilité immédiate des PPR*

Article R.562-7 (CE) *relatif à la consultation des Personnes et Organismes Associés (communes, EPCI, Département, Région,…))*

Article R.562-8 (CE) *relatif à l'enquête publique*

Article R.562-9 (CE) *relatif à la possibilité de modification des PPR après enquête publique et aux mesures de publicité après approbation*

Article R.562-10 (CE) *relatif à la révision des PPR*

Article R.562-10-1 (CE) *et* **Article R.562-10-2** *relatif à la modification des PPR*

[1] Ces textes sont en grande majorité cités dans le rapport de présentation et le règlement du présent plan. Les textes officiels sont consultables sur Internet

[2] Code de l'Environnement

Articles R. 563-1 à R. 563-8 du Code de l'Environnement relatifs à la prévention du risque sismique.

Article D. 563-8-1 du Code de l'Environnement (introduit par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010) donnant la répartition des communes entre les zones de sismicité.

Article L. 125-2 du Code de l'Environnement relatif au droit à l'information du citoyen.

Article L.125-5 du Code de l'Environnement relatif à l'Information Acquéreurs/locataires (IAL).

Article L. 111-26 du Code de la Construction et de l'Habitation relatif à l'obligation pour certaines constructions d'un contrôle technique, notamment en raison de leur localisation dans des zones d'exposition à des risques naturels ou technologiques.

Article R. 111-38 du Code de la Construction et de l'Habitation relatif au contrôle technique mission parasismique (PS).

Articles R. 431-16, A. 431-10 et 11, R. 462-4 et A. 462-2 à 4 du Code de l'Urbanisme relatifs aux attestations à joindre aux dossiers de permis de construire en cas de contrôle technique obligatoire.

Article R. 123-9 du Code de l'Urbanisme relatif au classement en 9 destinations des constructions.

Article L. 215-14 du Code de l'Environnement relatif à l'obligation d'entretien faite aux propriétaires riverains d'un cours d'eau.

Articles L 126-1 et R 126-1 du Code de l'Urbanisme relatifs a l'annexion des PPR (servitude d'utilité publique) au Plan Local d'Urbanisme.

Articles L. 731-3 et R. 731-1 et suivants du Code de la Sécurité Intérieure relatifs au Plan Communal de Sauvegarde (PCS).

Article L. 480-4 du Code de l'Urbanisme relatif aux sanctions en cas de non repect des dispositions d'un Plan de Prévention des Risques.

Articles L. 124-1 et suivants et L. 313-2 du Code Forestier (nouveau) relatifs à la gestion durable des zones boisées.

Article L. 341-5 du Code Forestier (nouveau) relatif à l'autorisation de défrichement.

Articles L.125-1 à L.125-6 du code des assurances (partie législative) relatifs à l'assurance des risques de catastrophes naturelles.

Articles L. 732-1 et L. 732-2 du Code de la Sécurité Intérieure relatifs aux mesures nécessaires au maintien de la satisfaction des besoins prioritaires de la population lors des situations de crise à prendre par les exploitants d'un service, destiné au public, d'assainissement, de production ou de distribution d'eau pour la consommation humaine, d'électricité ou de gaz, ainsi que les opérateurs des réseaux de communications électroniques ouverts au public.

Articles L. 732-3 et L. 732-4 du Code de la Sécurité Intérieure relatifs à la garantie de disposition d'une capacité suffisante de communication radioélectrique pour les services de secours à l'intérieur des ouvrages routiers, ferroviaires ou fluviaux ainsi qu'à l'intérieur de certaines catégories d'établissements recevant du public.

CIRCULAIRES

Circulaire n°91-43 du 10 mai 1991 (Environnement) relative à l'information préventive sur les risques technologiques et naturels majeurs et au décret n°90-918 relatif à l'exercice du droit à l'information sur les risques majeurs.

Circulaire DPPR/DRM/PGC du 25 février 1993 (Environnement) relative à l'information préventive des populations sur les risques majeurs.

Circulaire INTE9300265C du 13 décembre 1993 (Intérieur et Environnement) relative à l'analyse des risques et à l'information préventive.

Circulaire DPPR/SDPRM/BICI du 21 avril 1994 (Environnement) relative à l'information préventive.

Circulaire DPPR/SEI du 27 mai 1994 (Environnement) relative aux installations classées pour la protection de l'environnement.

Circulaire n° 2000-77 du 31 octobre 2000 relative au contrôle technique des constructions pour la prévention du risque sismique.

Circulaire interministérielle du 26 avril 2002 relative à la prévention du risque sismique.

Circulaire du 2 mars 2011 relative aux modalités de mise en œuvre des décrets n° 2010-1254 et n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 relatifs à la prévention du risque sismique et aux zones de sismicité qui modifient le cadre de l'information préventive des populations et de l'information des acquéreurs et des locataires sur les risques majeurs.

Plan Local d'Urbanisme

Révision Générale N° 1

TOME 2

PIECE 5.2.5 bis

SERVITUDE PM1- PLAN DE PREVENTION DES RISQUES SEISME

4- ANNEXES 4-13 Rapports d'étude du CEREMA

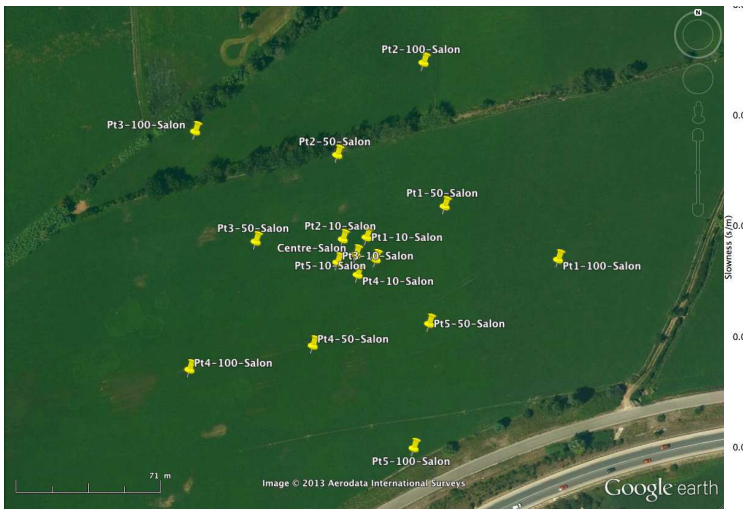
METROPOLE AIX-MARSEILLE-PROVENCE
BP 48014 - 13567 MARSEILLE CEDEX 02
T : 04 91 99 99 00

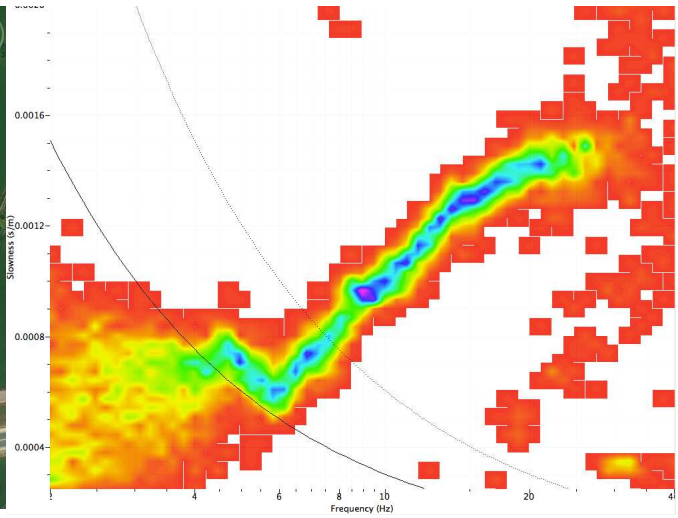
TERRITOIRE ISTRES-OUEST PROVENCE
BP 10647 - 13808 ISTRES CEDEX
T : 04 42 11 16 16

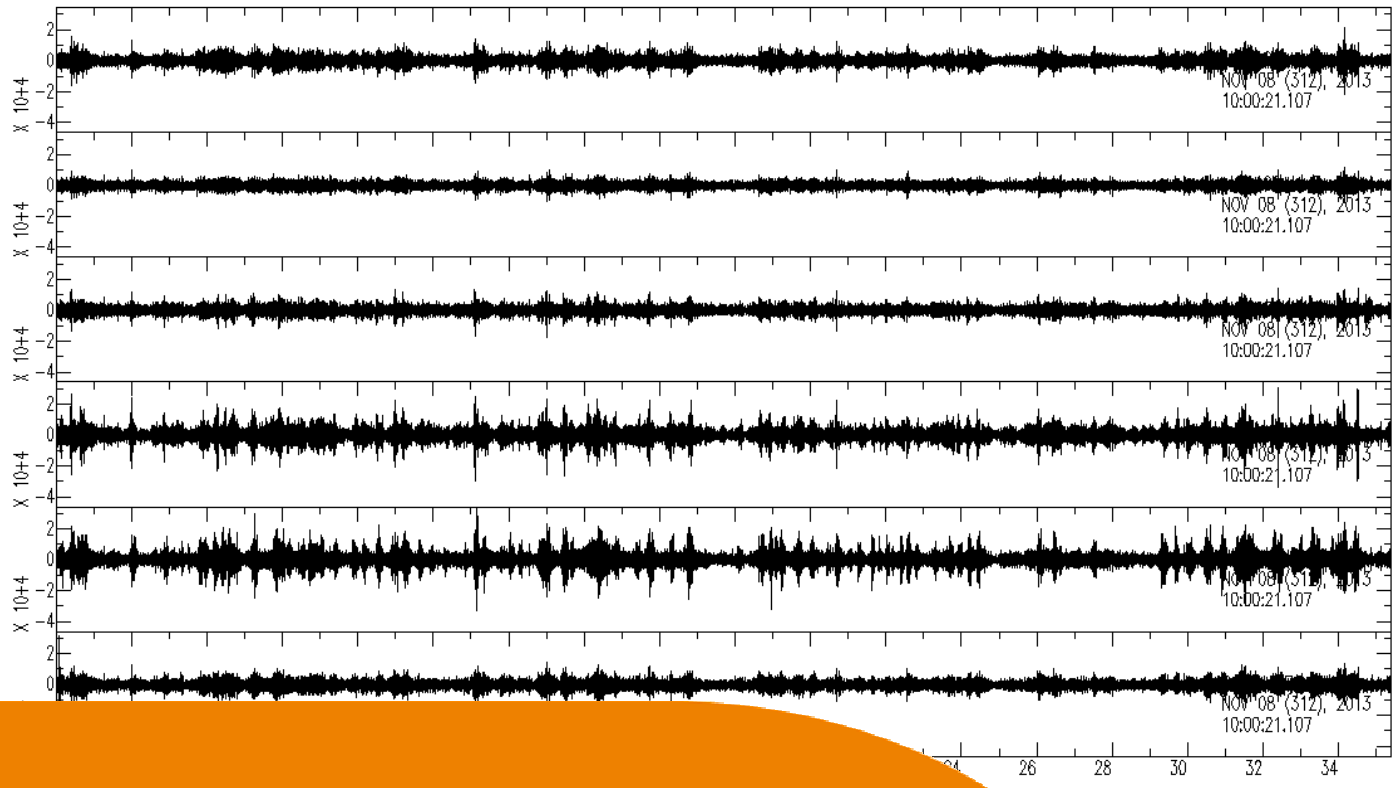
facebook.com/ampmetropole

Mairie de Grans
Hôtel de Ville
Boulevard Victor Jauffret
13450 GRANS
Tel : 04 90 55 99 70

MESURE ET TRAITEMENT DU BRUIT DE FOND EN RESEAU A SALON-DE-PROVENCE ET PELISSANNE (13)







RAPPORT

CEREMA - DTer Méditerranée
Laboratoire de Nice
Service Risque Sismique

Janvier 2014

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	20/01/14	Corrections Etienne Bertrand
2	06/02/14	Corrections Jean-Philippe Devic
3	09/07/15	Prise en compte des remarques de la DDTM13
4	27/10/15	Prise en compte des remarques de la DDTM13

Affaire suivie par

Etienne BERTRAND - Service Risque Sismique
Tél. : 04 92 00 81 61/ Fax : 04 92 00 81 39
Courriel : etienne.bertrand@cerema.fr

Rédacteurs

Philippe LANGLAUDE - Service Risque Sismique

Relecteur

Etienne BERTRAND- Service Risque Sismique

Mesure et traitement du bruit de fond en réseau à Salon-de-Provence et Pélissanne (13)

Date : Octobre 2015 (V3)

Auteur : CEREMA – Dter Méditerranée

Responsable de l'étude : Etienne BERTRAND, Laboratoire de Nice - Service Risque Sismique

Participants : Philippe LANGLAUDE, Diego MERCERAT, Michel PERNOUD

Résumé de l'étude :

Le présent rapport traite des mesures de bruit de fond sismique effectuées en Novembre 2013 par le service RS du laboratoire de Nice – CEREMA – Dter Méditerranée, dans le cadre des études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques Sismiques (PPRs) des communes da Salon-de-Provence, Grans et Pélissanne (13). Il présente le dispositif d'enregistrement utilisé ainsi que les résultats des traitements effectués.

Zone géographique : Provence Alpes Cote d'Azur – Bouches-du-Rhône (13)

Nombre de pages : 26
N° d'affaire : 1370 000 62
Maître d'ouvrage : DDTM 13
Référence : devis n° 79 2013 D102 du 171 051 2013

SOMMAIRE

1 INTRODUCTION 7

2 PRINCIPE GENERAL DE LA METHODE F-K 7

3 CAMPAGNE DE MESURES DE BRUIT DE FOND EN RESEAU 9

3.1 Matériel utilisé et type de mesure réalisée 9
3.2 Localisation et choix des points de mesures 10
3.3 Contexte géologique et géotechnique 11
3.3.1 Dispositif de mesure du réseau 1 sur la zone T3 12
3.3.2 Dispositif de mesure du réseau 2 sur la zone T4 14
3.3.3 Dispositif de mesure du réseau 3 sur la zone T7 15

4 ANALYSE DES MESURES DE BRUIT DE FOND EN RESEAU 17

4.1 Calcul de la fonction de transfert théorique du réseau 17
4.2 Calcul des courbes de dispersion 18
4.3 Inversion de la courbe de dispersion 19
4.4 Analyse des résultats de l'inversion 20
4.4.1 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 1 21
4.4.2 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 2 22
4.4.3 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 3 23

5 CONCLUSION 24

REFERENCES 25

FIGURES

Figure 1 : Exemple de profils de vitesse des ondes de compression et de cisaillement obtenus comme résultats du processus d'inversion. 8
Figure 2 : Fonction de transfert du réseau d'ouverture égale à 10 mètres. 8
Figure 3 : Transformée de Fourier d'une onde sinusoïdale stationnaire (f=20 Hz) se propageant du sud vers le nord à une vitesse de 300 m/s dans le réseau de 10 mètres d'ouverture. 9
Figure 4 : Disposition théorique des capteurs utilisée pour les mesures de bruit de fond en réseau. 10
Figure 5 : Carte IGN de la zone d'étude avec emplacement des trois réseaux de bruit de fond réalisés. 10
Figure 6 : Carte du zonage de 2005 pour les communes de Salon-de-Provence, Grans et Pélissanne. Les trois réseaux réalisés dans la présente étude sont notés de 1 à 3. Les cercles incluant un diament de couleur représentent les forages géotechniques recensés en 2005. 11
Figure 7 : Carte géologique simplifié indiquant la profondeur des sédiments trouvée au droit des sondages précédemment réalisés. 12
Figure 8 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 1 13
Figure 9 : Colonnes de sol dans la plaine de Crau 13
Figure 10 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 2. 15
Figure 11 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 3. 16
Figure 12 : Limites de calcul du réseau en « spirale » utilisée pour cette étude. 17
Figure 13 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 1 à l'Ouest de Salon-de-Provence. 18
Figure 14 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 2 au Nord de Pélissanne. 17
Figure 15 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 3 au Nord de Salon-de-Provence 19
Figure 16 : Contrainte du paramètre « densité » pour le processus d'inversion. 19
Figure 17 : Contrainte du paramètre « vitesse des ondes de cisaillement » pour le processus d'inversion. ... 19
Figure 18 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain. 20
Figure 19 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 3 couches. 20
Figure 20 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain. 21
Figure 21 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 2 couches. 21
Figure 22 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 2 couches. 22
Figure 23 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain. 22

1 Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une mise à jour des études préalables à l'établissement des PPR sismique réalisées en 2005 à Salon-de-Provence, Grans et Pélissanne. Elle a pour but de mieux contraindre le zonage sismique par l'utilisation de techniques récentes mises en œuvre par le service Risques Sismiques du CEREMA/DTer Med (anciennement, CETE Méditerranée) et notamment pour ce qui concerne les estimations des caractéristiques géomécaniques des colonnes de sol prises en compte pour la définition du mouvement sismique en surface. Plus particulièrement, il s'agit de vérifier les profils de vitesses de propagation des ondes sismiques associées à certaines zones du zonage. En effet, grâce aux techniques d'enregistrement en réseau et d'analyse f-k du bruit de fond sismique, une estimation de la vitesse de propagation des ondes S est possible. Cette technique permet ainsi de vérifier et préciser les colonnes de sols caractéristiques déterminées dans les études de 2005.

2 Principe général de la méthode f-k

L'idée originale d'analyse en réseau de vibrations ambiantes a été formulée par Aki [Aki, 1957], qui a proposé d'analyser la corrélation spatiale du bruit de fond sismique et d'en tirer des informations sur la stratification du site à partir d'une interprétation en ondes de surface. Le bruit sismique ambiant mesuré par un réseau de stations est ainsi apparu comme une méthode prometteuse de détermination du profil de vitesse des ondes de cisaillement Vs(z). Les hypothèses permettant d'utiliser le bruit de fond sont que celui-ci est principalement composé d'ondes de surface et que le mode fondamental des ondes de Rayleigh domine la composante verticale. Ces ondes, qui se propagent horizontalement, ont un comportement particulier : elle sont dites dispersives, c'est-à-dire que leur vitesse de propagation dépend de leur fréquence. Leur propagation se fait donc selon une courbe de dispersion qui dépend du profil Vs(z).

Les différentes étapes de la méthode mise en œuvre ici sont :

Etape 1 : Enregistrement du bruit simultanément avec plusieurs capteurs en réseau selon une disposition suivant une géométrie régulière.

Etape 2 : Analyse de ces enregistrements dans le plan fréquence nombre d'onde (f-k) qui nous fournit une courbe de dispersion.

Etape 3 : Inversion de la courbe de dispersion obtenue à l'étape 2 afin d'obtenir des profils de vitesse de propagation des ondes de compression et de cisaillement au droit site ausculté.

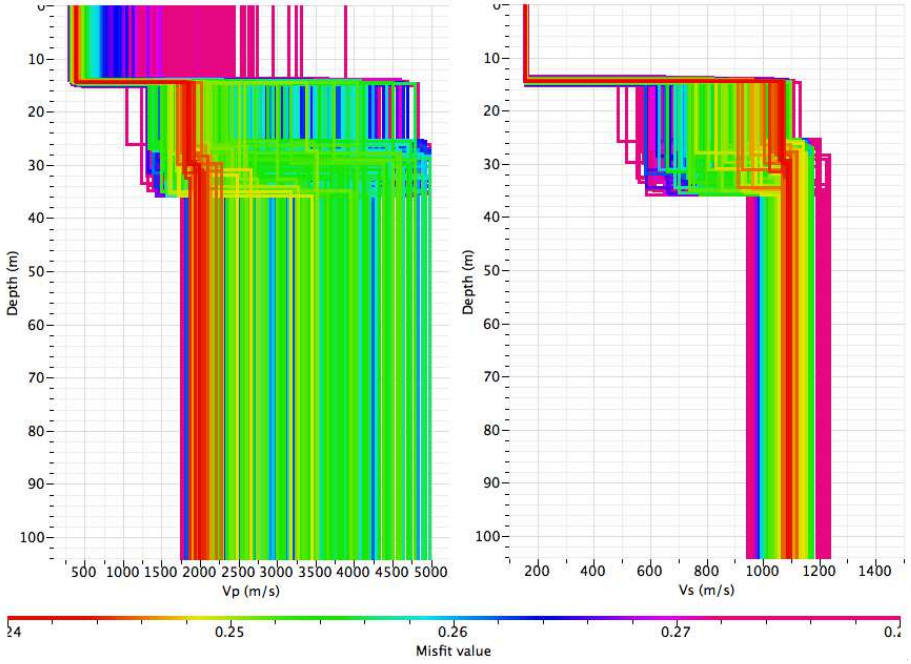


Figure 1 : Exemple de profils de vitesse des ondes de compression et de cisaillement obtenus comme résultats du processus d'inversion.

Selon la géométrie du dispositif sur le terrain, la capacité d'analyse du champ d'onde de surface sera différente. La figure 2 présente la réponse impulsionnelle (ou fonction de transfert) d'un réseau d'ouverture 10 mètres composé de 6 capteurs dont un central et 5 disposés en couronne. Dans le domaine des nombres d'onde, la symétrie circulaire du réseau s'exprime par une réponse caractérisée par un pic central et des maximas locaux se répartissant régulièrement selon un cercle autour du pic central.

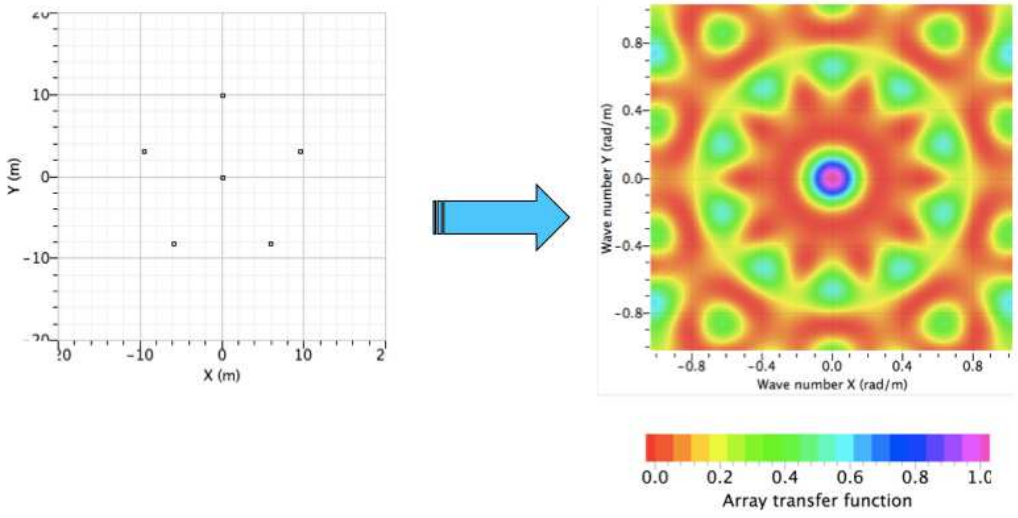


Figure 2 : Fonction de transfert du réseau d'ouverture égale à 10 mètres.

Au passage d'une onde sinusoïdale de surface de fréquence donnée *f* se propageant à une vitesse *V*, la réponse du réseau se transforme selon une translation du pic principal, égale au nombre d'onde associé (*k= 2pf/v*), dans la direction de propagation. La figure 3 illustre ce décalage pour une onde stationnaire de fréquence *f=20Hz*, se déplaçant dans le réseau à une vitesse de 300 m/s du sud vers le nord. Dans ce cas, le nombre d'onde vaut 0,42 rad/m.

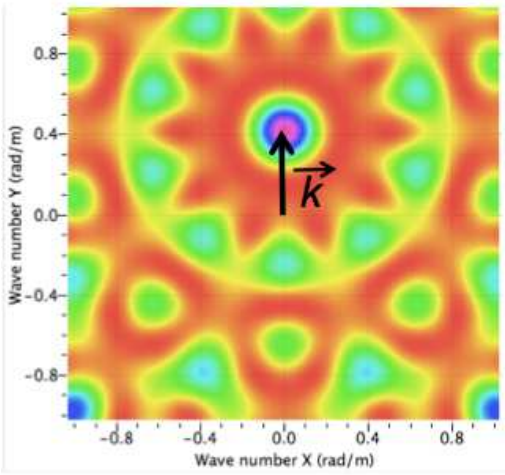


Figure 3 : Transformée de Fourier d'une onde sinusoïdale stationnaire (f=20 Hz) se propageant du sud vers le nord à une vitesse de 300 m/s dans le réseau de 10 mètres d'ouverture.

Le principe de la méthode f-k revient à estimer la valeur du module de k, fréquence par fréquence, en détectant automatiquement le décalage du pic principal. La méthode nécessite de filtrer les données en appliquant un filtre passe-bande aussi fin que possible autour des fréquences investiguées. La présence des pics secondaires est un frein à l'analyse et limite le calcul par les effets de repliement de spectre (ou aliasing). La largeur du pic principal est aussi une limite. Elle représente la sensibilité du réseau. A partir du calcul de la réponse du réseau, fréquence par fréquence, un diagramme de semblance dans le domaine fréquence-vitesse est calculé. La courbe de dispersion du milieu est finalement déduite du maximum de semblance.

Chaque étape a une influence sur le résultat final qui est cherché, c'est-à-dire le profil de vitesse des ondes S. L'étape 1 de mesures, de part le choix de la géométrie du réseau (comprenant le nombre de capteurs, l'ouverture, la disposition, la durée d'enregistrement) influencera le domaine fréquentiel dans lequel les données seront utilisables. L'étape 2 concerne la méthode f-k qui comporte plusieurs stades où le choix des paramètres peut influencer la courbe obtenue. L'étape 3, étape d'inversion, peut donner une gamme de profils très étendue selon l'espace des paramètres choisi en entrée. Cet espace est plus ou moins contraint selon les connaissances préalables sur le site.

3 Campagne de mesures de bruit de fond en réseau

3.1 Matériel utilisé et type de mesure réalisée

Les enregistrements ont été effectués avec un système d'acquisition sismologique autonome et 18 capteurs Lennartz. Les capteurs utilisés sont des sismomètres 3 composantes Lennartz LE3D. Les trois géophones (Vertical, Transversal, Longitudinal) ont une fréquence propre de 0,2 Hertz (5 secondes). Leur transduction est de 400 microvolts/micromètre/seconde.

La station d'acquisition est du type Cityshark (fabricant : Léas). Elle comprend un amplificateur, un numériseur, un système horaire et un système de stockage de l'information. Cette station peut enregistrer un signal en continu depuis 6 capteurs tri-composantes avec une fréquence d'acquisition pouvant aller jusqu'à 500 Hertz. Différents gains peuvent être utilisés. Les données sont stockées sur des mémoires flash de 1Go. Pour cette étude seule les voies verticales des 18 capteurs ont été utilisées.

Nous avons utilisé une géométrie en spirale se décomposant en trois cercles de cinq

capteurs ayant, respectivement, 10 mètres, 50 mètres et 100 mètres d'ouverture. Nous verrons dans le chapitre *4.1*, pourquoi cette géométrie de réseau a été retenue. La figure ci-dessous montre la disposition théorique des capteurs.

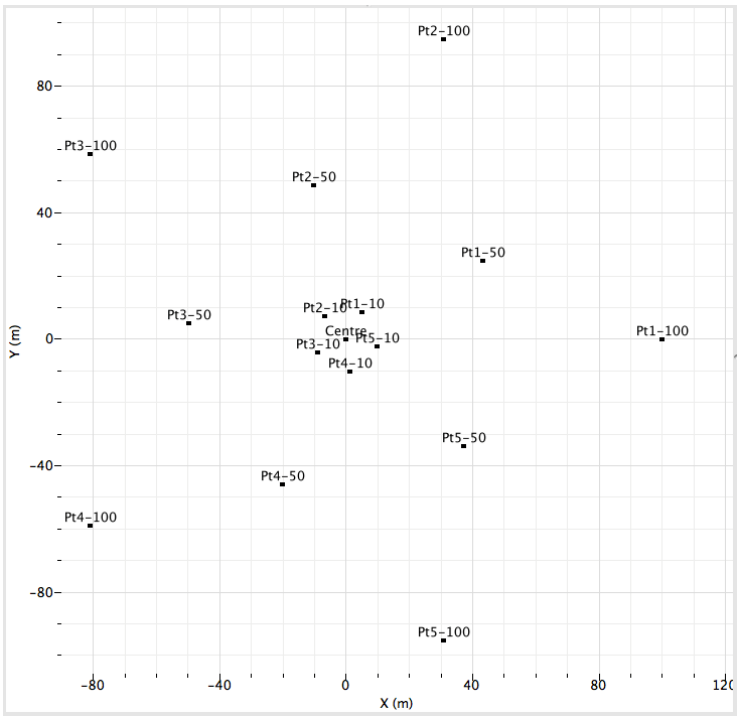


Figure 4 : Disposition théorique des capteurs utilisée pour les mesures de bruit de fond en réseau.

3.2 Localisation et choix des points de mesures

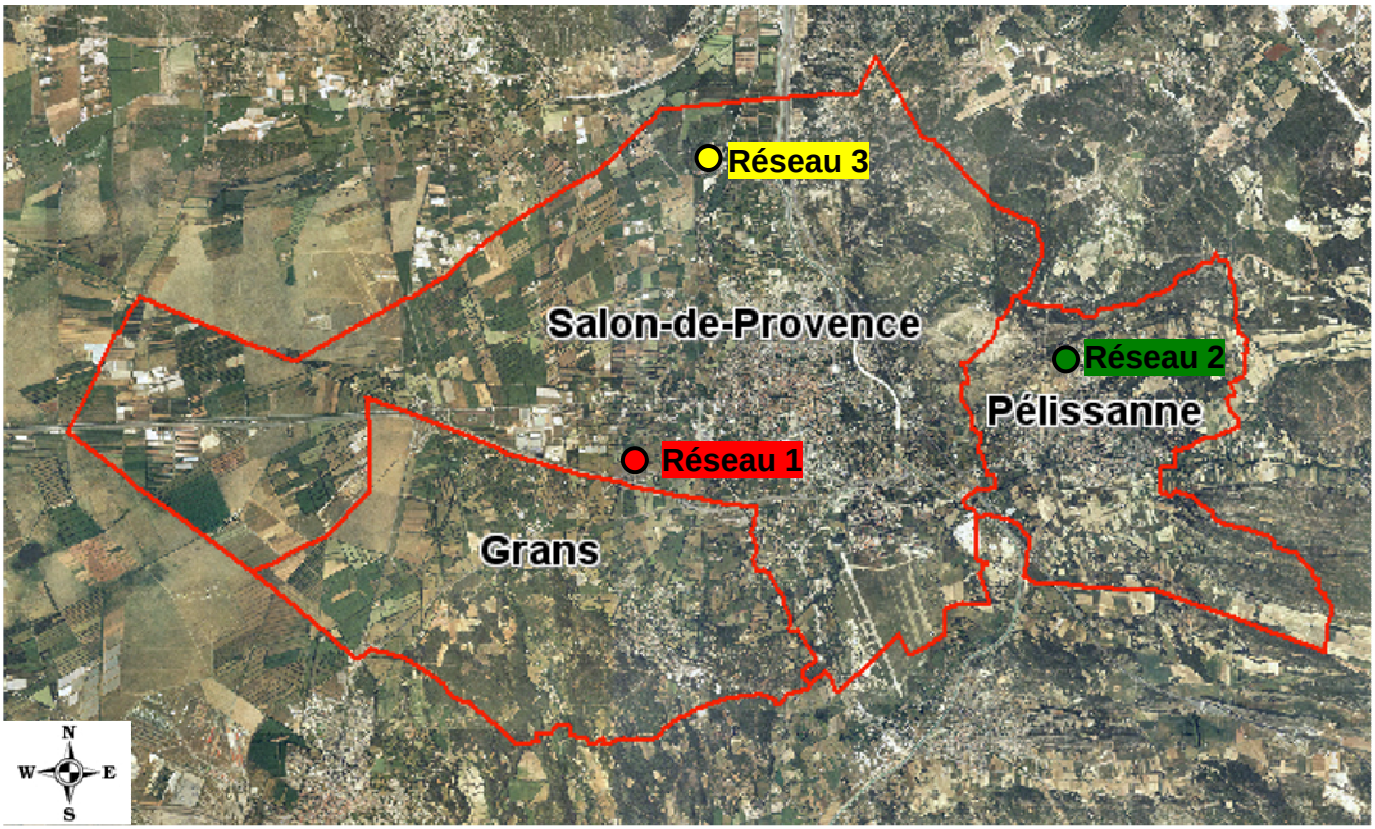


Figure 5 : Carte IGN de la zone d'étude avec emplacement des trois réseaux de bruit de fond réalisés.

Le choix des différents sites de mesure a été effectué en fonction du microzonage établi en 2005 et par les dimensions de l'espace disponible. Les mesures effectuées nécessitant un cercle sans obstacle majeur d'un diamètre de 200 mètres, seuls 3 points de mesure ont pu être effectués. Le réseau 1 est situé à l'Ouest de la commune de Salon-de-Provence, le réseau 2 est situé au Nord de Pélissanne et le réseau 3 au Nord de Salon-de-Provence. La Figure 5 montre l'emplacement des trois sites choisis.

La carte de la figure 6 représente le microzonage réalisé en 2005 à Salon-de-Provence, Grans et Pélissanne. Le microzonage comporte 7 zones numérotées de T1 à T7. Les zones T1 et T2 sont constituées d'affleurements rocheux tandis que les zones T3 à T7 sont constituées de sols mous à raides présentant un effet de site variable d'une zone à l'autre.

Les mesures d'enregistrement du bruit de fond en réseau ont été réalisées dans les zones T3, T4 et T7. L'analyse des mesures acquissent pour cette étude va permettre de préciser la vitesse de propagation des ondes S et l'épaisseur des différents terrains rencontrés sous chaque point de mesure, donnant ainsi une meilleure caractérisation de ces trois zones sujettes à des effets de site lithologiques.

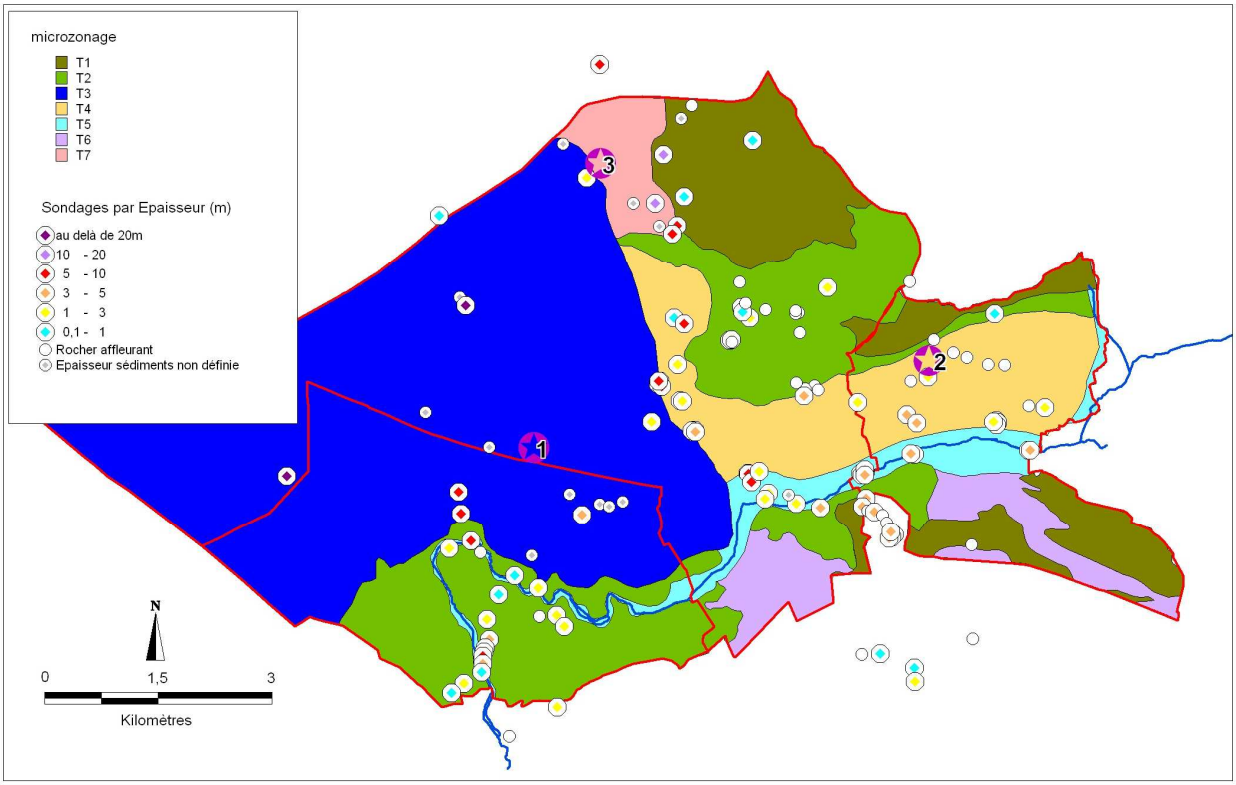


Figure 6 : Carte du zonage de 2005 pour les communes de Salon-de-Provence, Grans et Pélissanne. Les trois réseaux réalisés dans la présente étude sont notés de 1 à 3. Les cercles incluant un diament de couleur représentent les forages géotechniques recensés en 2005.

3.3 Contexte géologique et géotechnique

Lors des études antérieures, une recherche dans les archives du CETE Méditerranée ainsi que dans la banque de données du sous-sol (BSS, http://infoterre.brgm.fr) avait permis d'obtenir près de 150 sondages sur les trois communes. Cependant, la plupart de ces sondages ne comportent pas de description détaillée des colonnes de sol. Ils nous ont permis toutefois d'estimer la nature et l'épaisseur des niveaux quaternaires. La carte géologique simplifiée ci-après renseigne le type de sol sur lequel les mesures ont été réalisées ainsi que sur les

profondeurs de sédiments trouvées par sondages.

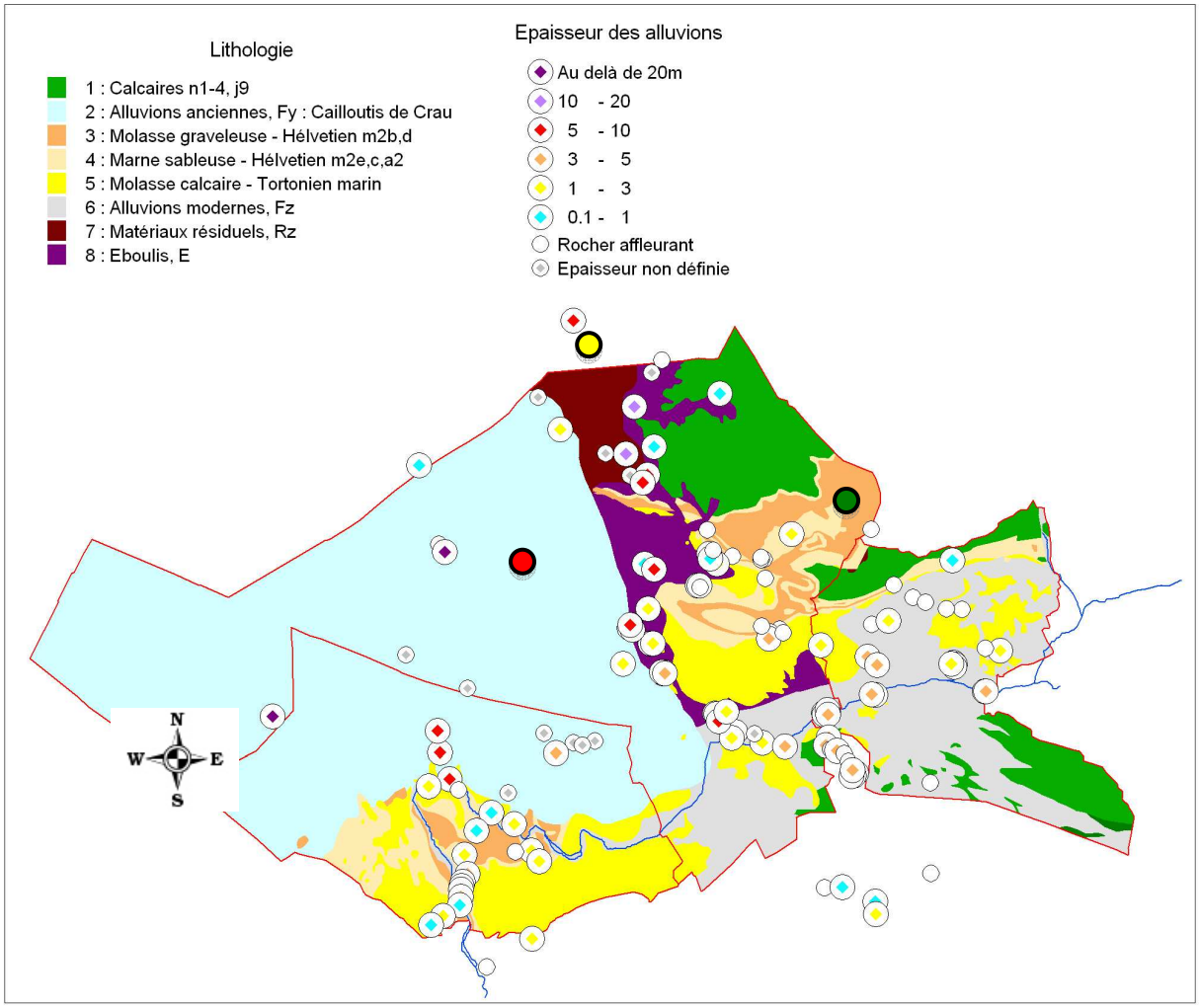


Figure 7 : Carte géologique simplifié indiquant la profondeur des sédiments trouvée au droit des sondages précédemment réalisés.

3.3.1 Dispositif de mesure du réseau 1 sur la zone T3

Ce point de mesure est situé à l'ouest de la commune de Salon-de-Provence. Le réseau est composé de 16 capteurs répartis selon trois cercles de cinq capteurs ayant respectivement 10, 50 et 100 mètres d'ouverture et d'un capteur placé au centre de ces trois cercles. Une première étape, en laboratoire, a consisté à trouver un terrain suffisamment grand pour accueillir le réseau. Les coordonnées théoriques de chaque capteur ont pu ainsi être déterminées. Les capteurs ont été ensuite placés sur le terrain à l'aide d'un GPS. La photo aérienne ci-dessous montre l'emplacement réel de chaque capteur finalement disposé sur le terrain. L'erreur estimée de localisation par rapport au dispositif idéal est inférieure à 1 mètre.

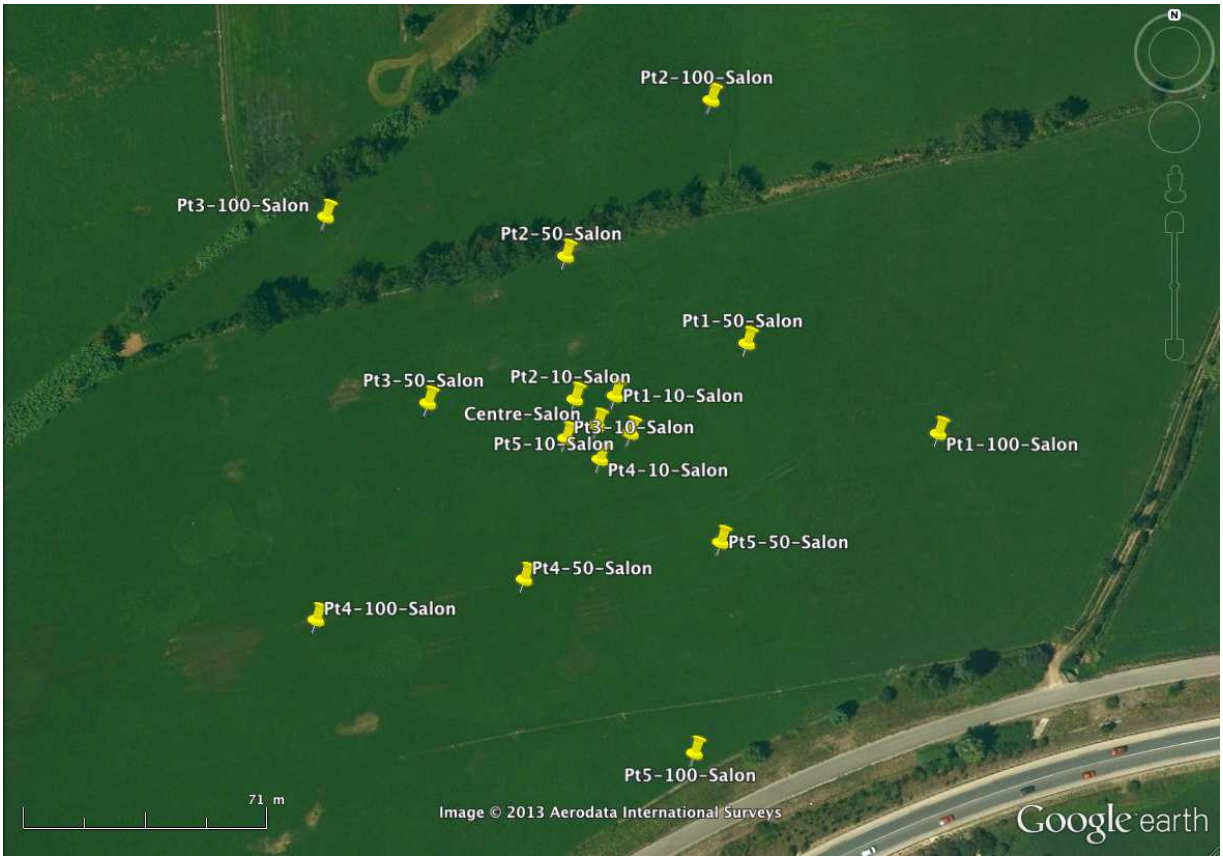


Figure 8 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 1

D'après l'étude de 2005, ce site de mesure est situé sur des alluvions anciennes. Ce terrain appartient à la zone T3 : Sol raide dans le microzonage (Figure 6). Cette zone est constituée du bassin des alluvions de Crau. Selon les données géotechniques disponibles, l'épaisseur de ces alluvions est variable. Elle varie ainsi entre 5 m et 150 m. Afin de tenir compte de ces variations, trois colonnes de sol représentatives ont été utilisées. Elles sont schématiquement replacées dans la figure 9.

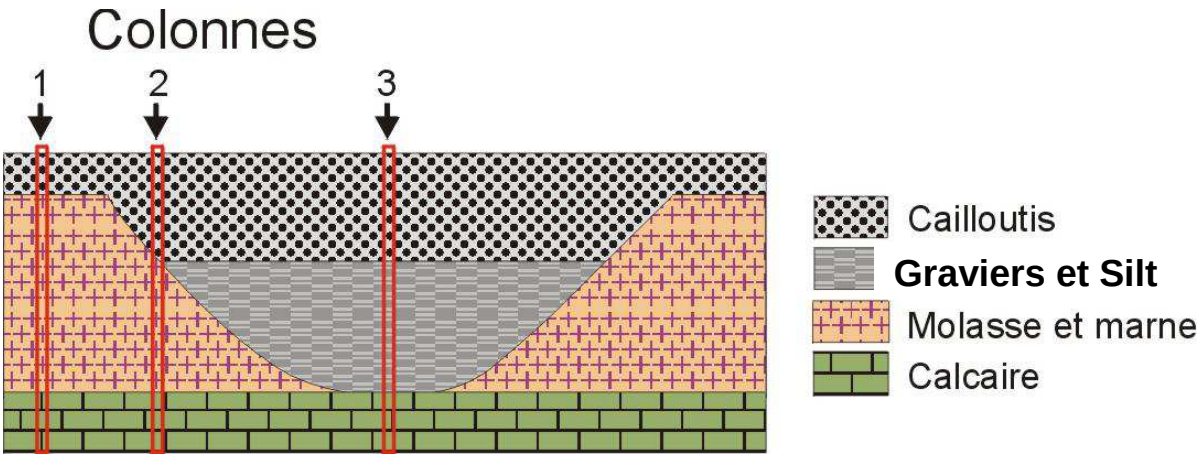


Figure 9 : Colonnes de sol dans la plaine de Crau

Colonne 1

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	r□(Kg/m^3)	Vs (m/s)
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	2	1800	600
Molasse calcaire	Tortonien	45	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	1000
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Colonne 2

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	r□(Kg/m^3)	Vs (m/s)
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	27	1800	600
Molasse calcaire	Tortonien	20	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	1000
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Colonne 3

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	r□(Kg/m^3)	Vs (m/s)
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	27	1800	600
Gravier	Quaternaire (Würm)	90	1800	1000
Silt	Quaternaire (Würm)	30	1800	1200
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Ces informations vont permettre de contraindre l'espace des paramètres considéré pour l'inversion de la courbe de dispersion. Ainsi notamment, on peut s'attendre à trouver un premier milieu dont la vitesse des ondes S devrait être comprise entre 500 et 800 m/s, représentant les cailloutis de Crau.

3.3.2 Dispositif de mesure du réseau 2 sur la zone T4

Ce réseau est situé au Nord de la commune de Pélissanne. La photo aérienne ci-dessous montre l'emplacement des capteurs installés sur ce site. Le protocole utilisé pour déterminer et mettre en place les capteurs de ce réseau est le même que pour le réseau 1.

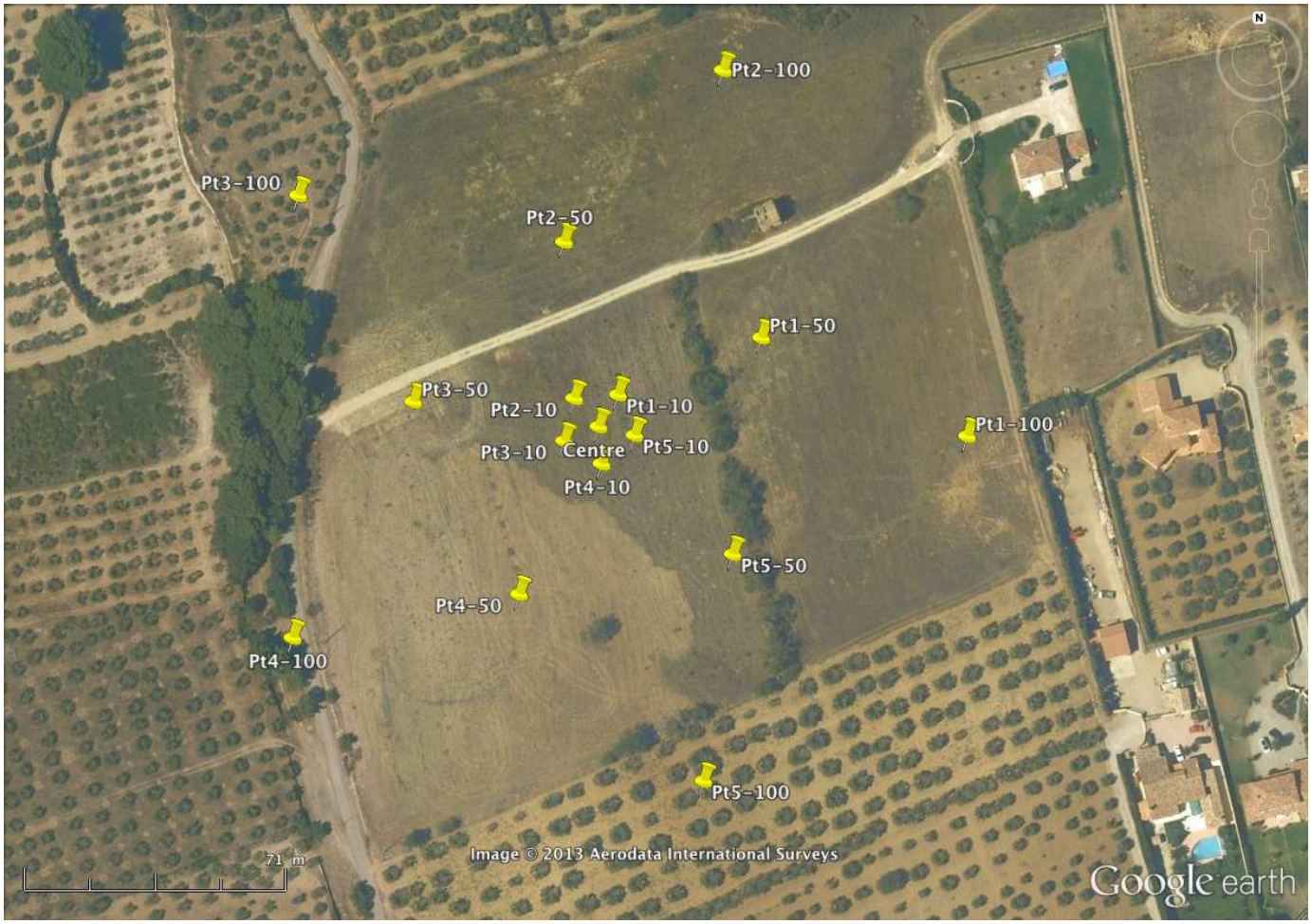


Figure 10 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 2.

D'après l'étude de 2005, ce site est localisé sur des colluvions de la zone T4. Cette zone rassemble des terrains de lithologie diverse. L'épaisseur des sédiments, définie par les sondages géotechniques déjà réalisés (Figure 6) est comprise entre 1 et 5 mètres. Dans cette zone, les molasses calcaires et gréseuses sont affleurantes par endroits où sous une très faible couche de colluvions de surface. Le tableau ci-dessous présente la colonne de sol type pour cette zone.

Tableau 1 : Résumé des données géotechniques caractérisant la zone T4.

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**r□(Kg/m^3)**	**Vs (m/s)**
Alluvions : limons et sables	Quaternaire	3	1800	200
Molasse calcaire	Tortonien	47	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	800
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

3.3.3 Dispositif de mesure du réseau 3 sur la zone T7

Ce réseau est situé au Nord de la commune de Salon-de-Provence. La photo aérienne ci-dessous montre l'emplacement précis des capteurs installés sur ce site. Le protocole utilisé pour déterminer et mettre en place les capteurs de ce réseau est le même que pour le réseau 1.

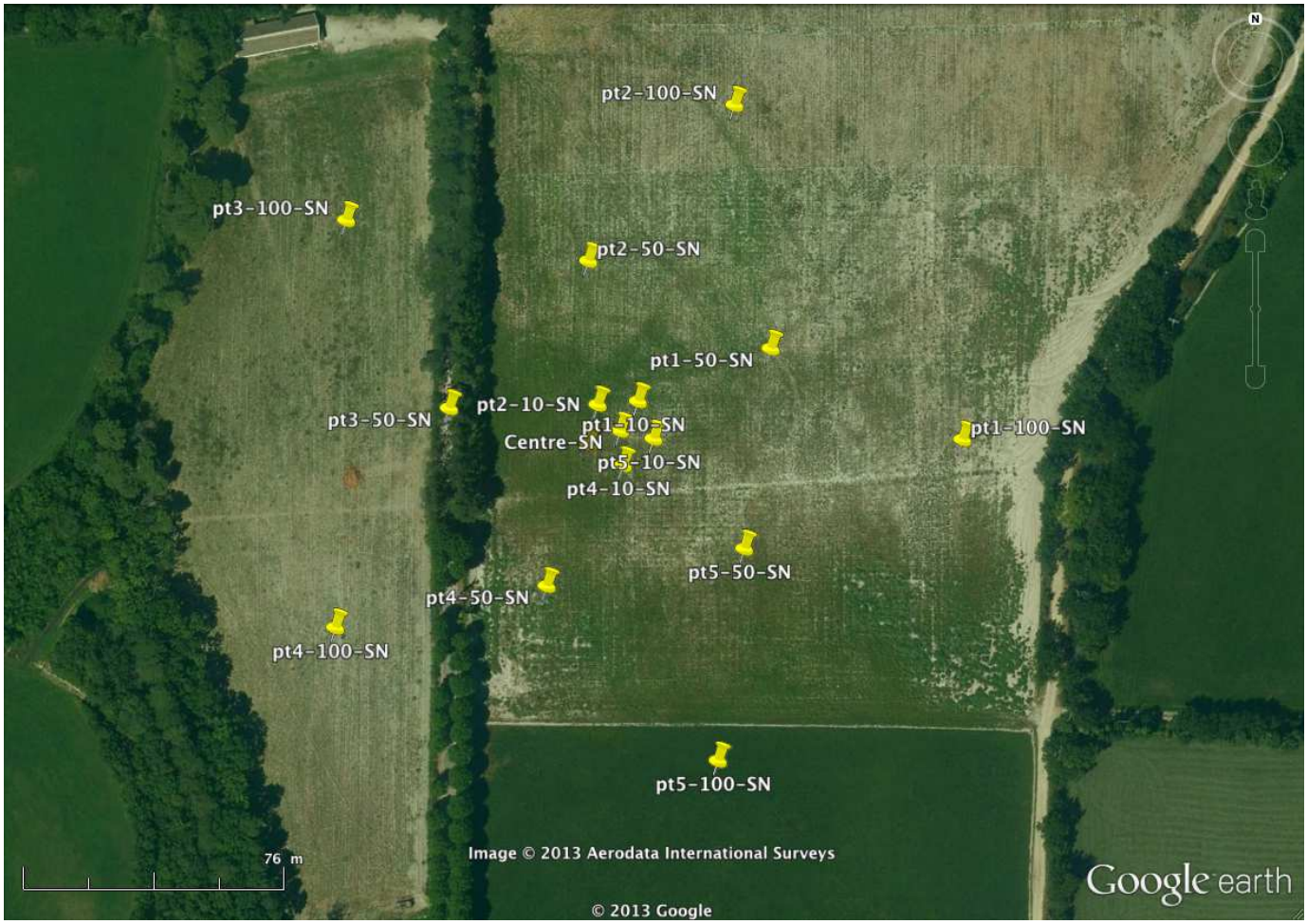


Figure 11 : Vue aérienne de l'emplacement des capteurs du réseau 3.

D'après l'étude de 2005, ce site se trouve sur un terrain alluvionnaire de la zone T7. L'épaisseur des sédiments récents, définie par les sondages géotechniques déjà réalisés, n'est pas constante sur l'ensemble de la zone et d'après la carte géologique simplifiée précédente (Figure 6) celle-ci doit être comprise entre 3 et 20 mètres. On notera que le site de mesure choisi est très proche de la limite géologique du bassin des alluvions de la Crau. Le tableau ci-dessous résume la colonne de sol type considérée pour cette zone.

Tableau 2 : Résumé des données géotechniques caractérisant la zone T7.

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**r□(Kg/m^3)**	**Vs (m/s)**
Terre végétale	Quaternaire	0,5	1800	150
Limons argileux	Quaternaire	4	1800	200
Alluvions argilo-sableuses	Quaternaire	5	1800	250
Argile plastique	Quaternaire	8	1800	300
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

4 Analyse des mesures de bruit de fond en réseau

Suite à la campagne de mesure sur le terrain, les données sont transférées sur ordinateur au laboratoire. Elles sont ensuite traitées avec le logiciel Geopsy (Whatelet, 2008, Di Guilio, 2006) et les applications qui lui sont associées, en suivant la procédure qui est détaillée ci-dessous. Cette procédure comprend l'analyse des données dans le plan fréquence/nombre d'onde (f-k) et l'inversion de courbes de dispersion.

4.1 Calcul de la fonction de transfert théorique du réseau

La première étape de la méthode consiste à déterminer le domaine de validité des courbes de dispersion calculées. En effet, les mesures en réseau échantillonnent le champ d'onde et comme tout type d'échantillonnage, il présente des limites de résolution et d'aliasing. Ces limites sont propres à la géométrie du réseau. Elles influencent le résultat obtenu. Pour les déterminer il faut s'intéresser à la réponse théorique du réseau dans le domaine fréquence-nombre d'onde (f-k), appelée aussi fonction de transfert du réseau. Cette fonction de transfert est la réponse du réseau à une source d'incidence verticale, ou de vitesse horizontale infinie, de telle sorte que tous les capteurs sont en phase au même moment. Elle est entièrement déterminée par le nombre et la position des capteurs du réseau. La limite de résolution du réseau est donnée par le couple (kmin, kmax). Ces limites se traduisent, dans le plan fréquence-lenteur (Figures 12), par les courbes kmin/2, kmin, kmax/2 et kmax. Il est admis que le domaine d'investigation possible a pour limite inférieure kmin/2 et pour limite supérieure, kmax.

Après plusieurs tests numériques, la géométrie de type « spirale » a été retenue car elle permet un domaine d'investigation le plus grand possible compte tenu du matériel utilisé. De plus, la limite basse (kmin) étant dépendante de la plus grande distance inter-capteur du réseau, nous avons cherché à mettre en place un réseau ayant la plus grande ouverture afin de permettre une analyse du bruit de fond vers les basses fréquences.

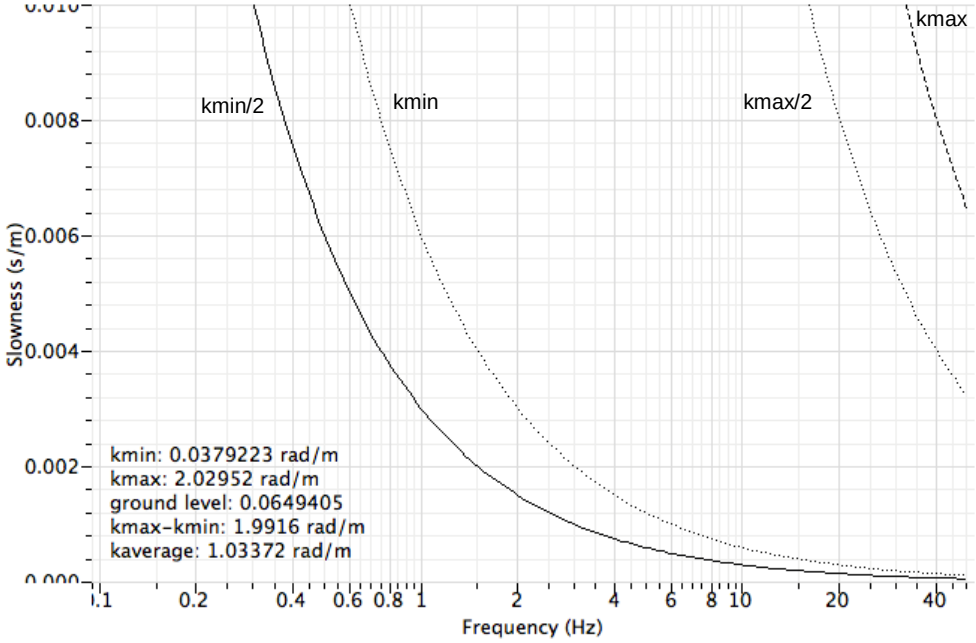


Figure 12 : Limites de calcul du réseau en « spirale » utilisée pour cette étude.

4.2 Calcul des courbes de dispersion

Nous avons déterminé la courbe de dispersion des différents points de mesure (réseau 1, 2 et 3) à partir de la méthode f-k en utilisant le logiciel Geopsy. Cette méthode permet d'obtenir une estimation des vitesses de propagation des ondes de Rayleigh au travers du réseau selon le principe décrit plus haut en fonction de leur fréquence. Les diagrammes de semblance calculés pour les trois réseaux sont présentés sur les figures 13, 14 et 15 respectivement. Sur ces figures, ont été rajoutés les domaines d'investigation possibles, donnés par les hyperboles fréquence-lenteur kmin/2 et kmax calculées précédemment, propres à chaque réseau. Hors de ces limites la courbe de dispersion n'est pas définie. La courbe de dispersion pour chaque réseau est déterminée manuellement en relevant les maxima de semblance sur chaque graphique.

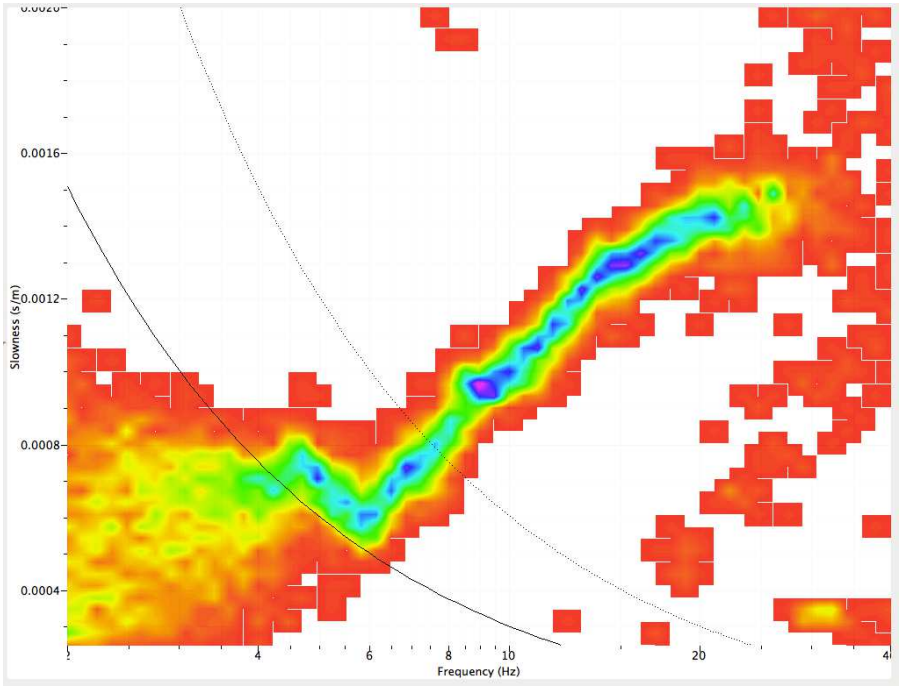


Figure 13 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 1 à l'Ouest de Salon-de-Provence.

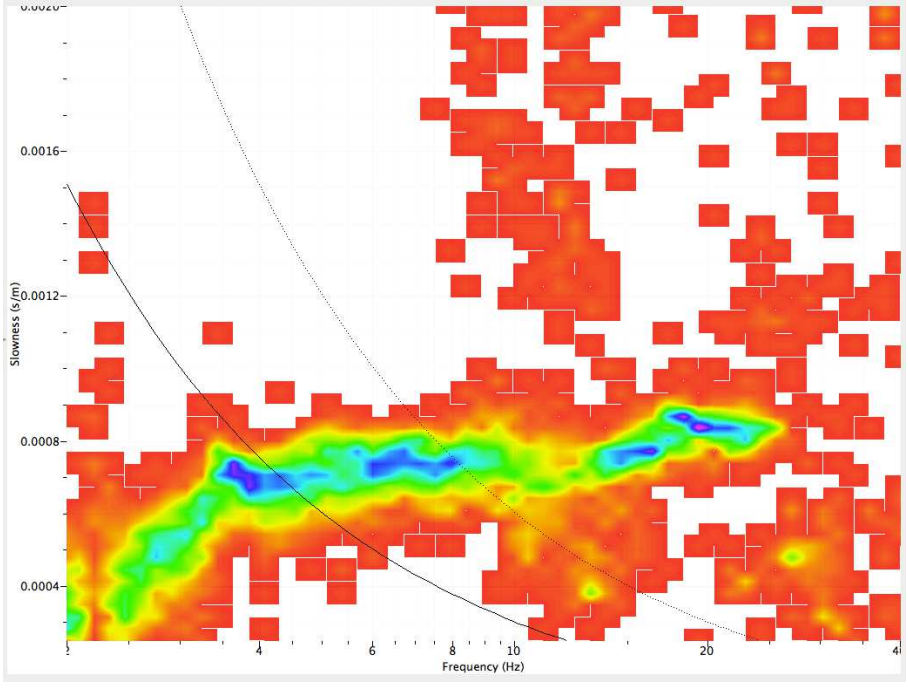


Figure 14 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 2 au Nord de Pélissanne.

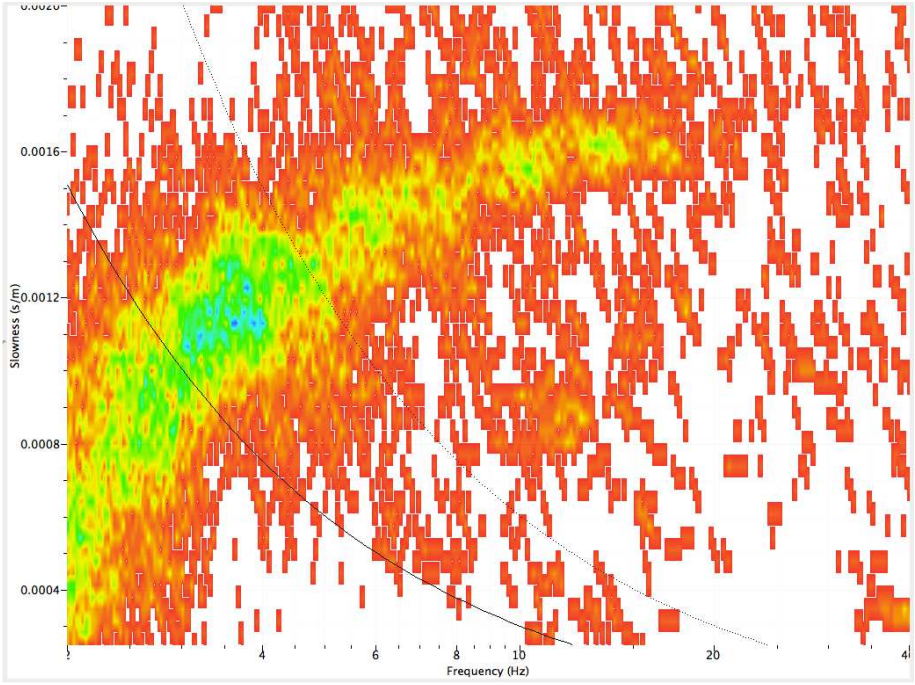


Figure 15 : Diagramme de semblance calculé à partir du réseau 3 au Nord de Salon-de-Provence

Les courbes dispersion déduites de ces diagrammes de semblance sont injectées dans le processus d'inversion qui suit. Le pointage se réalise en suivant les zones les plus énergétiques, c'est-à-dire celles identifiées sur les figures par les couleurs allant du Jaune au bleu.

4.3 Inversion de la courbe de dispersion

L'inversion consiste à retrouver le profil de vitesse de propagation des ondes de cisaillement à partir de la courbe de dispersion. La définition du profil de vitesse à partir des courbes caractéristiques n'a pas de solution analytique, c'est le problème inverse qui permet de le retrouver. Par contre, l'inversion fournit plusieurs solutions possibles. On parle de non-unicité de la solution.

L'inversion des courbes de dispersion est fondée sur un processus itératif et non-linéaire de recherche aléatoire à partir d'un espace de paramètres qui permet de minimiser l'écart entre les courbes calculées et celles observées. L'espace initial des paramètres donne une direction de recherche des meilleurs modèles. Cet espace a donc une influence sur les profils finalement sélectionnés. Les principaux paramètres de l'espace des paramètres sont : le nombre de formations géologiques et leur gamme d'épaisseur, la gamme des valeurs de vitesse des ondes P et S par formation, l'évolution de ces vitesses dans chaque formation (constante, linéaire, loi puissance) ou la densité des terrains investigués.

Les données géotechniques en notre possession permettent de réduire cet espace d'investigation. Ces informations vont être injectées dans l'espace initial des paramètres du processus d'inversion afin de mieux contraindre le résultat final. A titre d'exemple, les figures ci-dessous (Figure 16 et 17) montre l'espace des paramètres d'inversion pour le réseau 1 situé à l'Ouest de Salon-de-Provence.

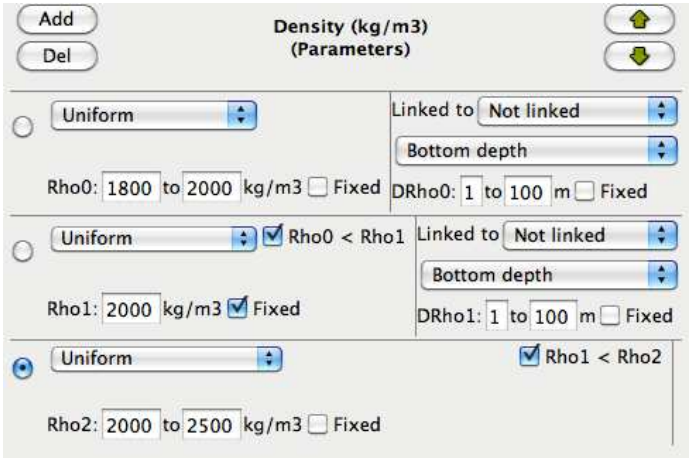


Figure 16 : Contrainte du paramètre « densité » pour le processus d'inversion.

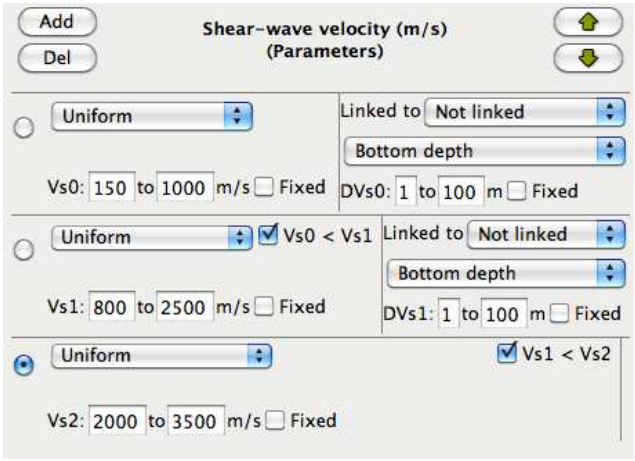


Figure 17 : Contrainte du paramètre « vitesse des ondes de cisaillement » pour le processus d'inversion.

Les données géotechniques disponibles pour cette zone nous permettent de contraindre la densité des différentes couches ainsi que la vitesse de propagation des ondes de cisaillement. La profondeur des différentes interfaces étant variable sur l'ensemble de la zone nous avons choisi de laisser le processus d'inversion tendre vers une solution sans la contraindre. Cela se traduit, dans l'espace des paramètres, à laisser les profondeurs libres (ici, entre 1 et 100 mètres).

4.4 Analyse des résultats de l'inversion

Les profils de vitesse de propagation des ondes de cisaillement résultants de l'inversion ainsi que l'écart entre les courbes de dispersion associées à ces profils et la courbe de dispersion observée, sont donnés sous forme de figure pour chaque réseau. Le jeu de couleur utilisé pour afficher les profils de vitesses correspond à l'erreur entre les modèles théoriques générés par le processus d'inversion et les données observées. Plus cette erreur sera faible (couleur rouge) et plus la courbe de dispersion associée au modèle théorique sera proche de la courbe de dispersion cible.

4.4.1 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 1

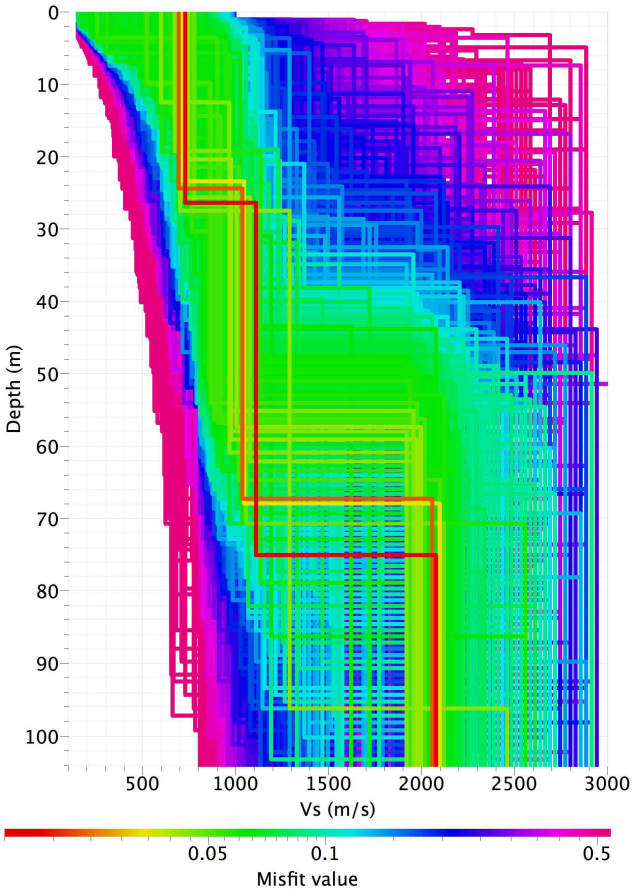


Figure 19 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 3 couches.

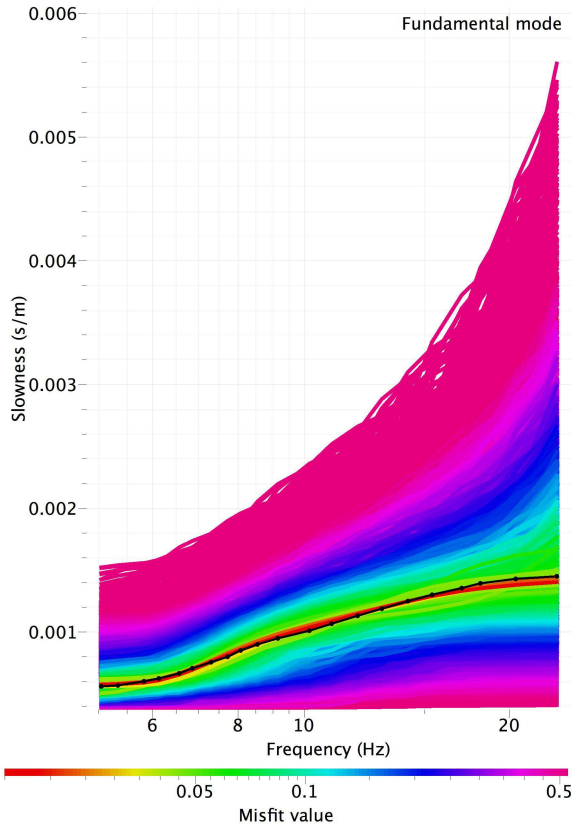


Figure 18 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain.

Parmi les solutions proposées par le processus d'inversion, celles dont l'erreur par rapport à la courbe de dispersion pointée est la plus faible (courbe rouge) sont caractérisées par deux interfaces. Une première interface entre 25 et 30 mètres de profondeur délimitant une couche ayant une vitesse d'ondes S comprise entre 500 et 800 m/s puis une deuxième interface plus profonde (entre 75 et 80 mètres) avec une vitesse d'onde S aux alentours de 1000 m/s. Enfin, une couche profonde caractérisée par une vitesse d'onde S aux alentours de 2000 m/s. Ces résultats sont en accords avec les données géotechniques disponibles. Ce profil est en bon accord avec les profils type de l'étude de 2005 pour la zone T3. En effet, d'après les trois colonnes de sols disponibles, le profil de vitesse issu de ce processus d'inversion correspondrait à un point situé entre les colonnes 2 et 3.

4.4.2 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 2

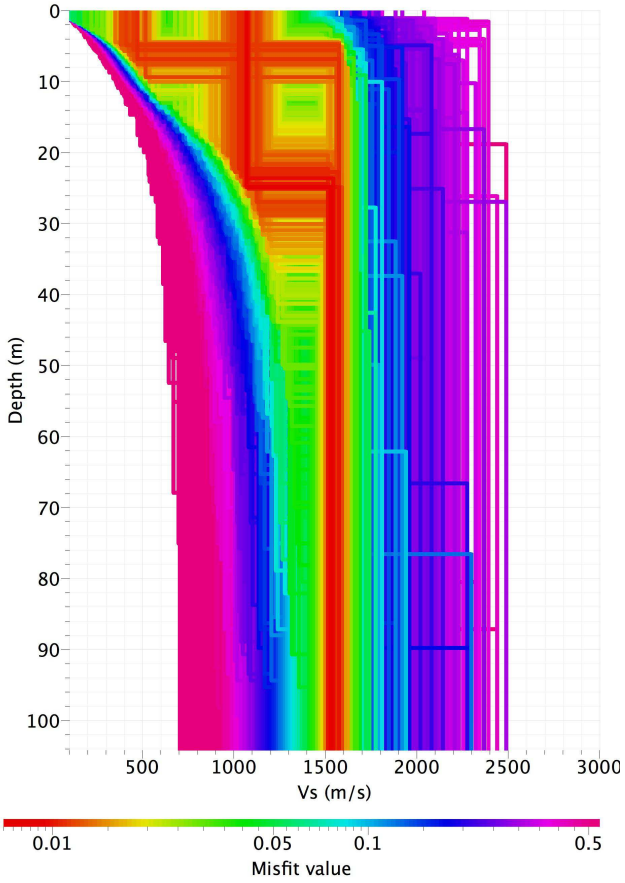


Figure 21 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 2 couches.

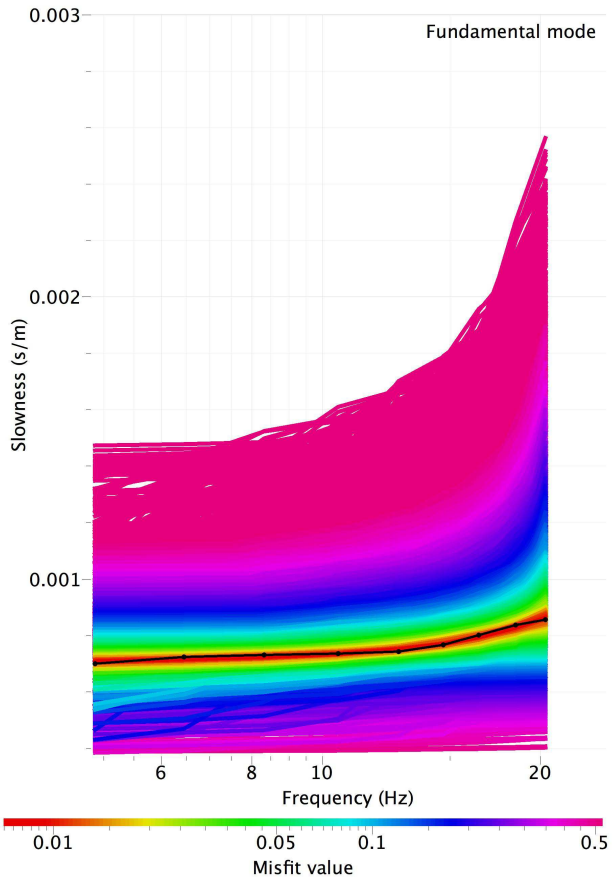


Figure 20 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain.

Compte tenu des observations de terrain et des connaissances géologiques et géotechniques de la zone, un modèle théorique à deux couches a été retenu pour cette inversion. L'espace des paramètres du processus d'inversion a été contraint par la densité des couches et la vitesse des ondes de cisaillement (ondes S). Deux solutions numériquement acceptables sont proposées par le processus d'inversion et sont en accord avec la courbe de dispersion obtenue à partir des données enregistrées sur le terrain. Ces deux solutions sont :

- Une première interface, entre 3 et 10 mètres de profondeur, délimitant une couche caractérisée par une vitesse de propagation d'onde S comprise en 300 et 500 m/s. On notera que pour cette solution, plus la vitesse des ondes S est faible plus la profondeur de l'interface est proche de la surface, et inversement.
- Une seconde solution qui présente une interface plus profonde, entre 20 et 30 mètres, dont le milieu est caractérisé par une vitesse d'onde S aux alentours de 1000 m/s.

Ce terrain, situé au Nord de la commune de Pélissanne, est caractérisé en surface par des alluvions récents dont la vitesses théorique des ondes S est comprise entre 200 et 800 m/s puis un milieu plus induré constitué de molasse calcaire dont la vitesse des ondes S est comprise entre 1200 et 1500 m/s. La première solution trouvée, pour des vitesses d'onde de cisaillement faibles, est en accord avec ces données.

4.4.3 Inversion de la courbe de dispersion du réseau 3

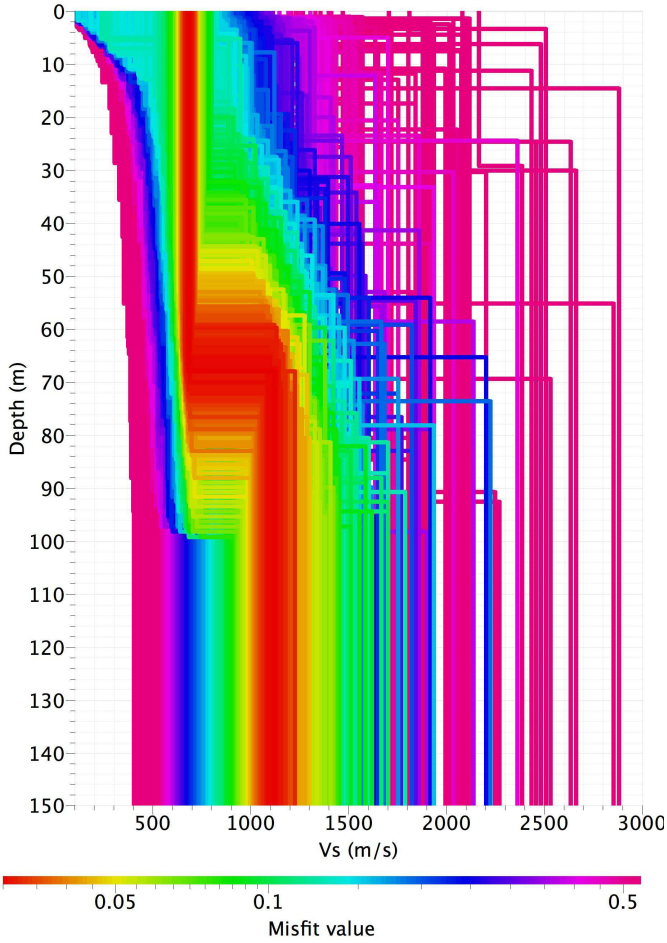


Figure 22 : Profil de vitesses Vs obtenus par inversion d'un modèle théorique composé de 2 couches.

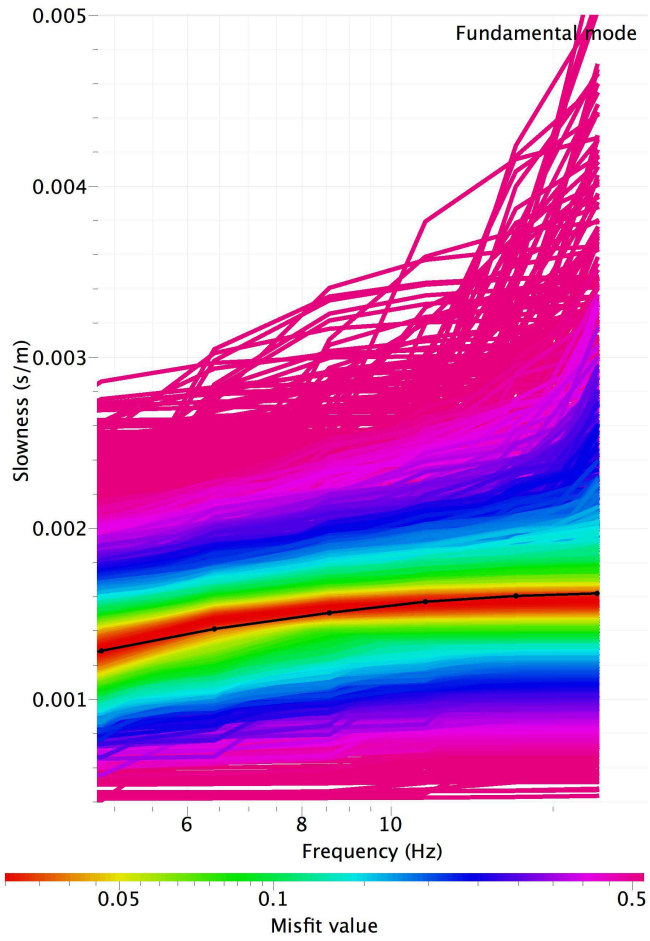


Figure 23 : Ecarts entre le modèle numérique et la courbe de dispersion issue des données acquises sur le terrain.

Ce réseau ne présente pas beaucoup de dispersion. En effet, l'analyse f-k montre une vitesse de propagation des ondes de Rayleigh qui ne varie que très peu avec la fréquence. Par conséquent, le profil de vitesse sous le point de mesure est assez peu contraint par cette expérience. C'est pourquoi, aucun des modèles numériques testés n'arrive à reproduire parfaitement la courbe de dispersion. Nous n'obtenons finalement qu'une idée de la vitesse de propagation dans la première couche de sol. D'après nos mesures, celle-ci serait voisine de 600 m/s. L'épaisseur de cette couche reste cependant incertaine.

5 Conclusion

Le but de cette étude est de vérifier la cohérence des résultats obtenus par l'analyse f-k avec les profils de vitesses déterminés lors des études préalables à l'établissement du PPR sismique de Salon-de-Provence (13). La particularité de la méthode utilisée ici étant d'obtenir une estimation de la vitesse des ondes S à partir d'enregistrement de bruit de fond sismique. Les résultats issus de l'analyse f-k des trois réseaux réalisés pour cette étude sont donnés ci-dessous :

- Le réseau 1, mis en place à l'Ouest de Salon-de-Provence sur les anciens alluvions de la Crau (zone T3) a permis de mettre en évidence un premier milieu caractérisé par une épaisseur comprise entre 25 et 30 mètres et par une vitesse d'ondes S entre 500 et 800 m/s. Ces résultats sont parfaitement cohérents avec les profils de vitesses estimées par sondage géotechniques lors des précédentes études ;
- Le réseau 2 a été réalisé sur un terrain classé en zone T4 situé au Nord de la commune de Pélissanne. L'analyse f-k des données acquises sur ce terrain montrent un premier milieu d'environ 5 mètres d'épaisseur caractérisé par une vitesse d'onde S aux alentours de 500 m/s, ce qui vient confirmé les données issues des sondages géotechniques ;
- En ce qui concerne le réseau 3, réalisé au Nord de Salon-de-Provence sur un terrain de la zone T7, la faible dispersion observée sur les données acquises n'a pas permis de déterminer l 'épaisseur du premier milieu rencontré. Par contre, la vitesse des ondes S, estimée aux environs de 600 m/s est parfaitement cohérente avec celle déduite des sondages géotechniques réalisés précédemment.

Cette étude, complémentaire à l'étude de 2005, permet de confirmer les colonnes de sol caractéristiques des zones du microzonage. Conformément au devis initial, il reste maintenant à mettre à jour la base de donnée des sondages géotechniques et vérifier la cohérence de nos résultats avec les nouveaux spectres de référence EC8.

Le chef du service Risque sismique — Le directeur du laboratoire de Nice

Etienne Bertrand — Jean-Philippe Devic

Références

Aki K. (1957), Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. *Bull. Earthq. Res. Inst*., 35, 415-456.

Campillo, M.(2007) .Phase and correlation in ‘random’seismic fields and the reconstruction of the Green function. Pure and Appl. Geophys. 163, 457-502.

CETE Méditerranée (2005), *Etudes préalables à l’établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques de Salon-de-Provence*, Rapport du CETE Méditerranée, Novembre 2005.

DOFEAS (2011), *Mesure et traitement de bruit de fond sismique sur la digue du Rhône à Arles (Digue rive est)*, Rapport du CETE Méditerranée, janvier 2011.

Di Giulio G., C. Cornou, M. Ohrnberger, M. Wathelet, and A. Rovellii (2006). Deriving Wavefield Characteristics and Shear-Velocity Profiles fromTwo-DimensionalSmall-ApertureArraysAnalysis of Ambient Vibrations in a Small-Size Alluvial Basin, Colfiorito, Italy. Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 1915--1933.

Snieder, R., K. Wapenaar, and U. Wegler (2007) Unified Green’s function retrieval by cross-correlation; connection with energy principles. Phys Rev E Stat Nonlin Soft Matter Phys, 75, 036103.

Wathelet, M., D. Jongmans, M. Ohrnberger, and S. Bonnefoy-Claudet (2008). Array performances for ambient vibrations on a shallow structure and consequences over Vs inversion. Journal of Seismology, 12, 1-19.

Wapennar K (2004) Retrieving the elastodynamic Green’s function of an arbitrary inhomogeneous medium by cross-correlation. Physical Review Letters, 93, 254301.

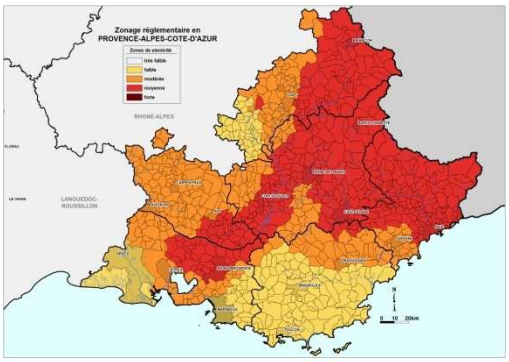
Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction territoriale Méditerranée - Laboratoire de Nice - 56 boulevard Stalingrad 06359 Nice Cedex 4 - Tél : +33(0)4.92.00.81.39
Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33(0)4.72.14.30.30
www.cerema.fr

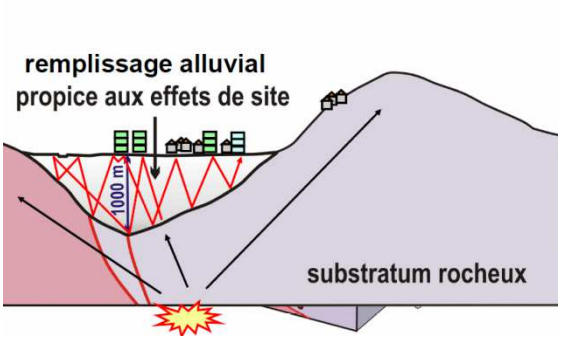
Cerema

Direction territoriale Méditerranée

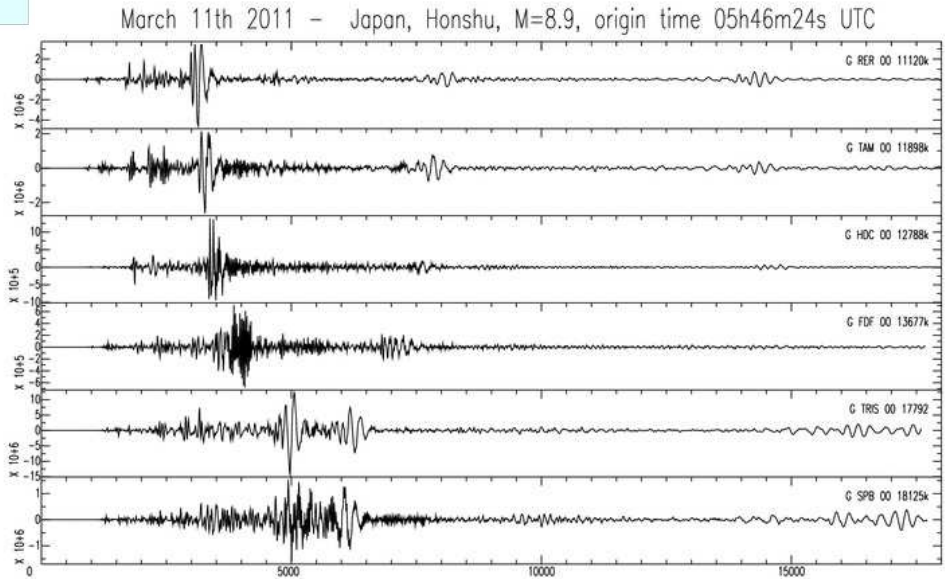
Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques

Risques naturels sur les communes de Grans, Salon et Pelissanne









DDTM 13

Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques

Risques naturels sur les communes de Grans, Salon et Pelissanne

date : octobre2014

auteur : Direction Territoriale Méditerranée

responsable de l'étude : Elise TRIELLI

participants : Jean-Luc GASTAUT (cartographie)

Relecteurs : E. BERTRAND pour la partie sismique, P. MAURIN pour la partie géotechnique

résumé de l'étude :

Ce rapport présente une mise à jour des études menées par le CETE Méditerranée en 1998 puis 2005 en vue de la prescription d'un PPR sismique sur les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne. Cette mise à jour à pour objectif de :
- prendre en compte le passage au nouveau contexte réglementaire français (notamment le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 et la norme NF EN 1998-5 d'aplication de l'Eurocde 8),
- considérer les données géotechniques, géologiques et sismologiques nouvelles éventuellement disponibles dans la région.
Les éléments du rapport CETE Méditerranée daté de 2005 sont ainsi repris ici par le CEREMA et modifiés le cas échéant.

zone géographique : Département des Bouches du Rhône
nombre de pages : 34
n° d'affaire : C13MN0038
maître d'ouvrage : DDTM13

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	29/05/2015	Version initiale de reprise du rapport de 2005
1	28/01/2016	Prise en compte des remarques de la DDTM13
2	12/07/2016	Ajout des annexes

Affaire suivie par

Etienne BERTRAND - Service Risque Sismique
Tél. : 04 92 00 81 61/ Fax : 04 92 00 81 39
Courriel : etienne.bertrand@cerema.fr

Rédacteur

Elise TRIELLI - Service Risques Géologiques, Géotechnique et Chaussées

Relecteurs

Etienne BERTRAND- Service Risque Sismique

Patrice MAURIN- Service Risques Géologiques, Géotechnique et Chaussées

SOMMAIRE

1 Introduction 8
1.1 Études précédentes 8
1.2 Objectifs de l'étude 8

2 Contexte 8
2.1 Contexte géographique 8
2.2 Contexte géologique 10
2.3 Contexte géotechnique 15
2.4 Contexte hydrogéologique 16
2.5 Contexte sismique 17

3 Évaluation des aléas naturels en conditions dynamiques 17
3.1 Evaluation et caractérisation de l'aléa liquéfaction sous séisme 17
3.1.1 Présentation du phénomène de liquéfaction 17
3.1.2 Aspects réglementaires: norme NF-EN- 1998-5 (Eurocode 8) 23
3.1.3 Liste des études disponibles sur la liquéfaction dans la zone d'études 24
3.1.4 Méthodologie utilisée dans le cadre du PPR pour la détermination de la l'aléa à la liquéfaction 24
3.1.5 Recensement des sols susceptibles de liquéfaction sur la zone d'étude 25
3.1.6 Proposition pour le zonage réglementaire PPR 27
3.2 Mouvements de terrain sous séisme : la méthode pseudo-statique dans le cadre du PPR 28
3.2.1 Généralités 28
3.2.2 Cartographie de l'aléa mouvement de terrain en situation dynamique sur la zone des PPR 28
3.3 Glissements de terrain en situation dynamique 29
3.3.1 Application de la méthode pseudo-statique 29
3.3.2 Cartographie de l'aléa de glissement sur les communes de GRANS, SALON et PELISSANNE 31
3.4 Evaluation et caractérisation de l'aléa chute de blocs sous séisme 32
3.4.1 Application de la méthode pseudo-statique 32
3.4.2 Cartographie de l'aléa de chute de blocs sur les communes de GRANS, SALON et PELISSANNE 32

4 Synthèse 33

ANNEXE 35

Exemples de trajectographie 36
Principe de la méthode 36
Présentation de la méthode 36
Paramètres fournis au logiciel de trajectographie 38
Les exemples 39

1 Introduction

1.1 Études précédentes

Un Plan d'Exposition aux Risques avait été prescrit en 1985 pour les aléas inondation, mouvement de terrain et séisme sur les communes de Salon de Provence, Grans et Pélissane. Des études préliminaires ont été réalisées en 1988 par le BRGM et le CETE Méditerranée pour les risques "mouvements de terrain" et "séisme". Ces études ont été complétées en 2005 par le CETE Méditerranée afin de prendre en compte :
- L'amélioration de la connaissance et de l'appréciation du niveau de sismicité des failles.
- L'évolution des méthodes d'évaluation des effets de site.
- Les avancées dans le domaine de l'approche de la vulnérabilité des structures aux séismes.

L'évolution de la réglementation en 2010 a également poussé la DDTM13 à demander au service Risque Sismique de la DTER MED du CEREMA une nouvelle mise à jour des études, sur la base de ce qui avait déjà été produit. Celle-ci permet également de bénéficier des derniers progrès en matière de définition de l'aléa régional et local.

1.2 Objectifs de l'étude

La mission consiste à actualiser les études effectuées en 1988 et 2005 en vue de la prescription d'un PPR pour les risques sismique et éventuellement mouvements de terrain sur les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne.
Le présent rapport complète le rapport spécifique sur les risques sismiques.

2 Contexte

2.1 Contexte géographique

La zone d'étude formée par les communes de SALON, GRANS et PELISSANNE se trouve au Nord-Nord-Ouest du département des Bouches-du-Rhône. Elle s'étend au contact de trois grandes unités morphologiques :

- A l'Ouest, l'extrémité orientale de la plaine de la Crau. Avec une altitude moyenne comprise entre 70 et 90 m, elle constitue une zone particulièrement plane qui occupe presque les deux tiers du territoire de la commune de SALON.

- A l'Est, les premiers reliefs liés à la chaîne des Costes (Roc de Caronte : 291mNGF) L'extrémité de la chaîne des Costes : on y rencontre deux types de relief:

  - Au Nord de SALON un relief assez vif constitué par les calcaires et marno-calcaire Crétacé. On y observe des escarpements importants avec des dénivellations pouvant atteindre 100 m.

- Au Sud de SALON, des reliefs peu marqués de collines et petits escarpements constitués par les molasses tertiaires.

- Au Sud, la plaine alluviale de la rivière *Touloubre* qui traverse les communes de GRANS et PELISSANNE d'Ouest en Est, caractérisée par une morphologie plus méandriforme sur la commune de GRANS. Les villages de GRANS et PELISSANNE sont situés le long de la rivière. Au Sud de GRANS, le paysage est marqué par de faibles reliefs formant de petits plateaux, localement des buttes témoin.
  Le canal de Craponne traverse également la commune de PELISSANNE dans une direction globale Nord-Sud.

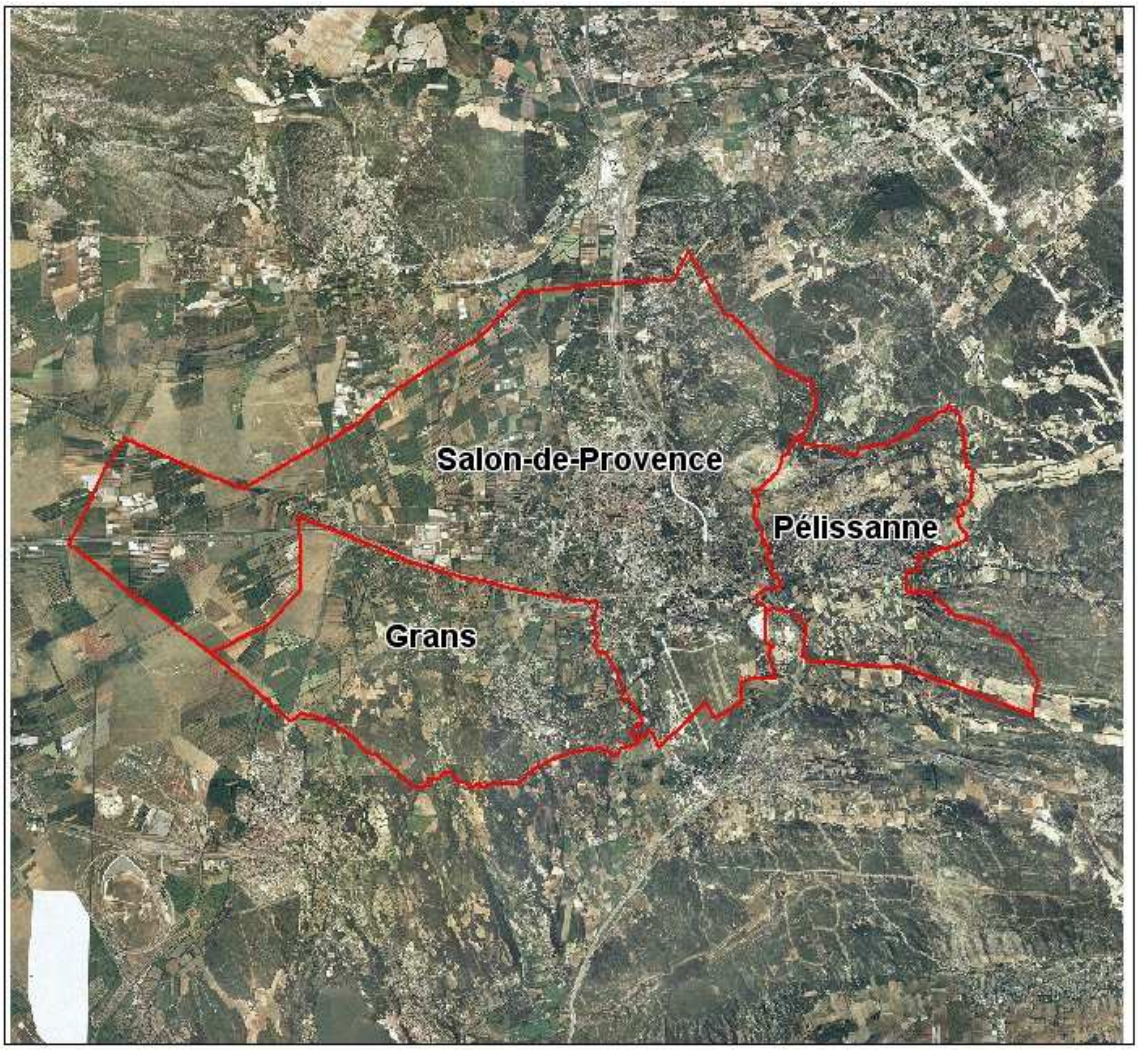


Figure 1 : Photo aérienne des communes de Salon, Grans et Pélissanne.

2.2 Contexte géologique

Les différentes formations sédimentaires qui affleurent sur les communes de GRANS, PELISSANE et SALON (ou dans ses environs), permettent de reconstituer l'histoire géologique de cette région de la Provence depuis le début de l'ère secondaire. Ses principales étapes sont les suivantes:

- à une sédimentation sous faible épaisseur d'eau au Trias (entre 230 et 195 MA[1]) fait suite une sédimentation essentiellement carbonatée franchement marine au jurassique et au Crétacé inférieur (entre 195 et 110 MA),
- à la fin du Crétacé inférieur, il y a 120 MA, les mouvements prémonitoires à la formation de la chaîne pyrénéo-provençale entraînent la surrection et l'émersion d'une partie de la Provence, constituant ce que l'on appelle l'"isthme durancien" sur lequel, en conséquence d'une érosion subaérienne, se développe une surface karstique où seront piégées des bauxites,
- il y a 45 MA (Eocène supérieur) la formation de la chaîne pyrénéo-provençale s'exprime par la mise en place de grands chevauchements et localement de nappes,
- l'Oligocène (-40 à -20 MA) est essentiellement caractérisé par une tectonique en distension avec une sédimentation détritique puis carbonatée,
- premiers mouvements alpins fin Oligocène,
- sédimentation marine épicontinentale au Miocène sur des bassins qui peuvent être indépendants des bassins Oligocène avec une phase terminale lacustre,
- mouvement alpin post Miocène, provoquant les chevauchements de la chaîne des Costes vers le Sud.

Un levé à 1/10000 réalisé en 1988 par le CETE méditerranée en collaboration avec le BRGM, précise la géologie de l’ensemble des trois communes de Salon, Grans et Pélissanne. Une mise à jour a été effectuée dans le cadre de la présente étude à partir des éléments disponibles. Les descriptions qui suivent se bornent à l'aspect lithologique des formations et à la localisation de leurs principaux affleurements.

[1] Millions d'Années

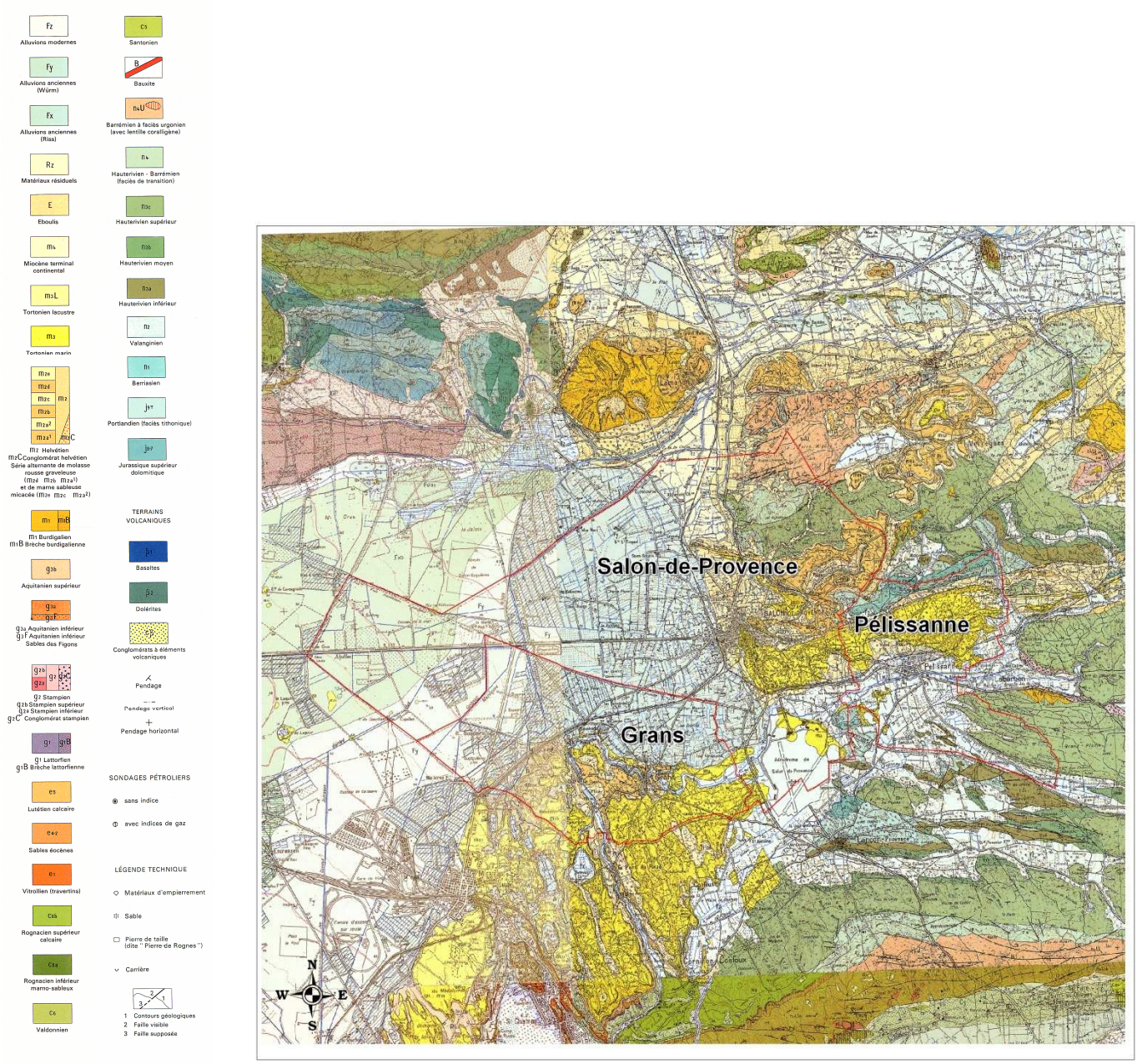


Figure 2 : Géologie des communes de Salon, Grans et Pélissanne

(extrait de la carte géologique au 1/50 000, éditions BRGM)

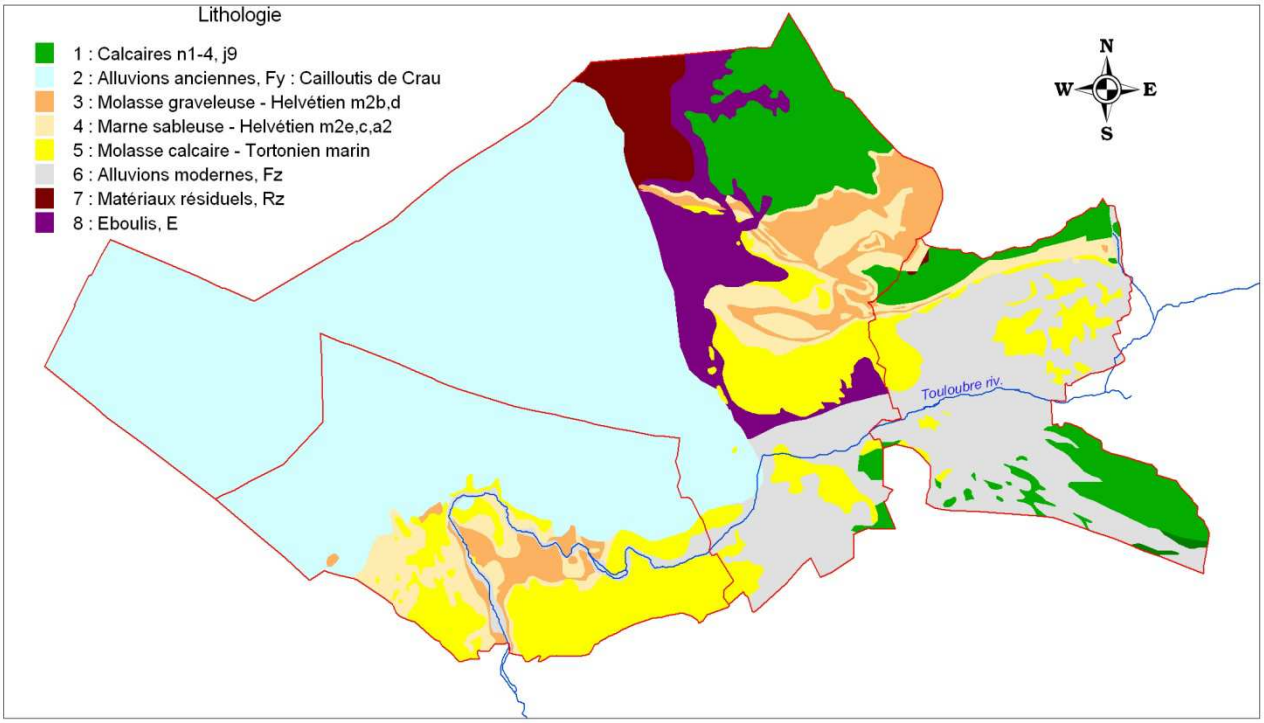


Figure 3 : Géologie détaillée des communes de Salon, Grans et Pélissanne, levé au 1/10 000. Trait rouge : limite des communes

La sédimentation marine Jurassique- Crétacé (Figure 4 : lithologie n°1)

Les formations rapportées à cette période affleurent sur les communes de SALON et PELISSANNE en formant :

- des reliefs vifs du Nord de la commune de SALON (Crétacé). Il s'agit essentiellement de calcaires compacts bioclastiques (faciès Urgonien du Barrémien), série chevauchante sur les calcaires Hauterivien où certains niveaux sont composés de calcaire argileux.

- des îlots au sein des alluvions dans la partie Sud de la commune PELISSANNE. Ils forment au Nord les reliefs du Roc de Caronte. Dans la partie Sud, leur pendage très variable montre que ces terrains sont affectés par de nombreux replis. Cette formation représente le substratum d'un bassin miocène particulièrement bien représenté au Nord de PELISSANNE. Ce substratum forme un repli anticlinal faillé au niveau du Roc de Caronte qui vient chevaucher vers le Sud le bassin miocène dont les sédiments sont fortement redressés au contact. Cette faille, qui souligne le chevauchement, porte le nom de faille des Costes. La base du bassin est probablement occupée par un conglomérat oligocène qui n'affleure pas au niveau de la commune, mais qui a été reconnu près du Château de La Barben à l'Est. Cette formation détritique, discordante sur les terrains crétacés a une épaisseur inconnue, probablement faible. Localement, des brèches burdigaliennes recouvrent vraisemblablement les conglomérats oligocènes. Elles forment des placages de faible épaisseur.

Les sédiments jurassiques-crétacés n'affleurent pas sur la Commune de Grans, mais peuvent être observés plus au Sud, près de Lançon.

La sédimentation marine Miocène (Figure 4 : lithologie n°3, 4 et 5)

Ces sédiments affleurent au droit des trois communes.

A l'Ouest de SALON et au Nord de PELISSANNE on observe une importante série Miocène (Helvétien) constituée d'une alternance de marnes sableuses et de molasses calcaires. On y note deux unités bien distinctes:

- le Miocène tabulaire de Vernègues qui occupe toute la partie la plus à l'Ouest;
- le Miocène plissé de SALON, qui se développe jusqu'au lieu dit les "Manières" et borde au Sud la série précédente.

Le contact entre ces deux unités s'effectue le long d'une faille oblique. Il est possible de décrire la structure plissée et écaillée du Miocène de SALON.
Au pli anticlinal des Manières que l'on découvre au Nord de la tranchée du canal succède le synclinal de St-Norbert. Le flanc Nord de ce dernier pli est séparé par faille oblique de l'unité tabulaire du Val de Cuech. La position relative des molasses révèle un enfouissement (sous-charriage) du dispositif tectonique de Val de Cuech sous celui de St Norbert. L'exaltation du phénomène à l'Ouest (Semboules) se traduit par un froissement des couches et une individualisation d'écailles.
Les déformations tectoniques du Miocène de la région salonnaise sont en relation avec un déplacement vertical, suivi d'un mouvement de translation vers le Sud, du horst d'Aurons Vernègues.

La flexure située à la limite des deux secteurs, tabulaire et plissé, évoluant ultérieurement en faille, témoigne du déplacement de bas en haut des formations crétacées. Le plissement du Miocène, accompagné d'un écaillage des flancs de plis, traduit de son côté une poussée vers le SSW ne pouvant avoir pour origine qu'un déplacement du horst dans cette direction. La preuve d'un tel déplacement nous est fournie par la position chevauchante du Jurassique et du Crétacé de Caronte sur le Miocène de Pélissanne. Ces mouvements tectoniques datent de la fin du Miocène.

Sur la Commune de GRANS, au Sud, la série, subhorizontale, d'une épaisseur moyenne de 30 m, forme de petits plateaux. Elle est surmontée par la molasse tortonienne.

L'effondrement de la Crau est contemporain de ces mouvements. Cependant, l'évolution du réseau hydrographique de la Durance, au nord de SALON, montre un nouveau rejet des failles de la bordure Ouest à la fin du Pliocène (d'après C. Gouvemet).
L'unité plissée de SALON est surmontée par la molasse Tortonienne qui peut localement être discordante sur le Crétacé: (Aérodrome de SALON), son épaisseur est de 40 m environ.

Les dépôts quaternaires (Figure 4 : lithologie n°2, 6, 7 et 8)

- *Les Alluvions Anciennes* de la Crau, composées essentiellement de galets à liant limoneux, constituent la majorité des dépôts quaternaires affleurant sur les Communes de GRANS et SALON. Suite à l'affaissement du seuil de Lamanon, la Durance abandonne son lit d'Eyguières. Sollicitée par une mer en régression, elle emprunte le sillon effondré et répand ses cailloutis dans la nouvelle dépression.

Cet affaissement semble s'être poursuivi tardivement créant des accidents nord-sud depuis le seuil de Lamanon. Les cailloutis de la Crau ont été déposés au Würm, mais une partie du matériel détritique qui les constitue appartient à une terrasse rissienne remaniée. L'épaisseur de cette formation n'excède pas 3 à 5 m au Sud Ouest de SALON alors qu'elle peut atteindre 20 à 30 m en moyenne sur le reste de la commune. Au Nord de GRANS, elle varie entre 0 et 30 m d'épaisseur. La présence d'accidents Nord-Sud a pu également induire localement des surépaisseurs de cailloutis par affaissement d'un compartiment du substratum (13 m de cailloutis au niveau de la Gare de SALON). D'autre part, dans l'ancien lit de la Durance, l'épaisseur des dépôts augmente pour atteindre localement 150 m. Sous les cailloutis on trouve alors des niveaux de graviers surmontant des dépôts silteux. Les données de sondages, les coupes géologiques interprétées et les profils géophysiques effectués dans la plaine de la Crau mettent en évidence un niveau continu de poudingue très induré de 2 mètres d'épaisseur vers 1 à 3 mètres de profondeur. Dans cette formation, la vitesse de propagation des ondes P serait de l'ordre de 1200 m/s.

- Des Eboulis et éluvions (E) divers se sont déposés en pied des anciens reliefs soit sur les calcaires et molasses, soit pour partie sur les dépôts Wurmiens. Sont regroupés sous cette rubrique non seulement de véritables éboulis de pentes et épandages cryoclastiques, consolidés ou non, mais aussi des formations où alternent les dépôts cryoclastiques et éboulis de piedmont. Pendant le Quaternaire, au moins depuis le Riss, les reliefs de bordure n'ont jamais cessé de nourrir de leurs débris des éboulis et limons caillouteux de pentes. Dans le secteur d'étude, ils forment une bande qui limite les reliefs calcaires et molassiques. On y distingue deux compartiments séparés par un petit relief de molasse (LE TOURET). Au Nord mis à part une frange en pied des reliefs, l'épaisseur de ces dépôts atteints 10 à 20 m. Au Sud de ce relief les épaisseurs sont beaucoup plus faibles et n'excèdent pas 3 à 5 m.
  D'après la description de la carte géologique BRGM de Salon de Provence (1/50000), en profondeur, les dépôts renferment en abondance des «menus galets» à variolite (éléments provenant de la destruction d'une très ancienne terrasse dont on trouve des vestiges à l'état d'un semis graveleux jusqu'à l'Étang de Berre) ; en surface, ce sont les plaquettes calcaires cryoclastiques qui constituent l'essentiel de la formation.

- Des matériaux résiduels (Rz) sont également représentés à l'affleurement sur la commune de SALON ; Il s'agit d'une formation provenant d'une accumulation sur place d'éléments résiduels d'anciennes terrasses mêlés à des éluvions (dégradation du substratum des anciens épandages alluviaux) et à des apports colluviaux auxquels s'ajoutent les limons d'irrigation.

- Les Alluvions modernes de la Touloubre (Fz) sont des dépôts principalement limoneux, renfermant des bandes caillouteuses et lentilles graveleuses. Leur épaisseur connue est toujours inférieure à 10 m. La Figure 3 présente la carte géologique mise à jour pour la présente étude.

2.3 Contexte géotechnique

Les études de 2005 ont permis d'obtenir près de 150 sondages sur les communes de Salon, Grans et Pélissanne à partir de la BSS (banque de données du sous-sol, http://infoterre.brgfm.fr) et des archives du CETE Méditerranée (maintenant DTerMed). Cependant, la plupart de ces sondages ne comportent pas d'essai géotechnique. Ils nous permettent toutefois de connaître la nature et l'épaisseur des niveaux quaternaires.
Une nouvelle recherche n'a pas permis de trouver des sondages plus récents pertinents dans le cadre de l'étude. Les caractéristiques mécaniques des matériaux n'ont ainsi pas été modifiées par rapport à l'étude de 2005. Elles sont rappelées ici.

Limons argileux	E compris entre 2 et 15 MPa Pl compris entre 0,3 et 0,6 MPa
Molasse miocène	E compris entre 100 et 150 MPa Pl > 3,5 MPa
Cailloutis	E > 20 MPa Pl > 2,5 MPa

E: module pressiométrique Pl: Pression limite

Pour réaliser la carte de microzonage sismique des effets de site, les caractéristiques mécaniques retenues pour les différentes formations ont été évaluées par analogie avec des terrains équivalents connus dans la région.

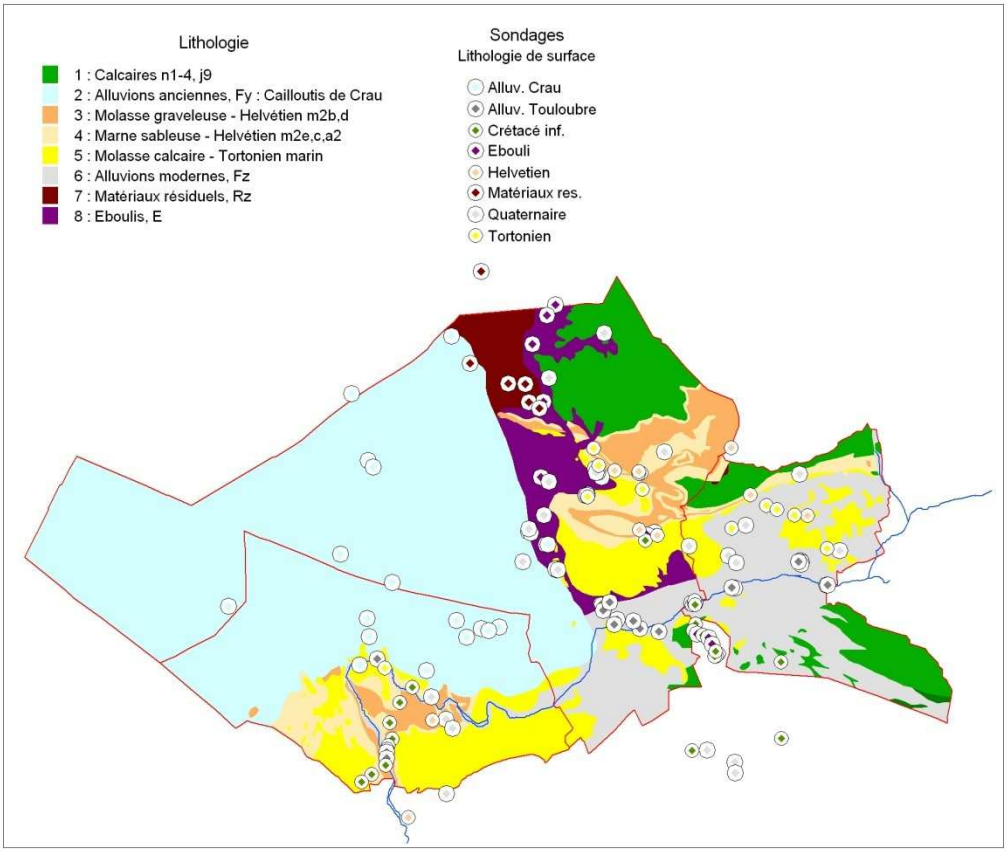


Figure 4 : Sondages géotechniques analysés

2.4 Contexte hydrogéologique

<u>Les aquifères principaux présents sur les Communes de Grans, Salon et Pélissanne sont les suivants :</u>

- Le réservoir aquifère de la CRAU s'étend sur environ 50000 ha. Il est constitué de cailloutis grossiers déposés par l'ancienne Durance lorsqu'elle passait par le seuil d'Eyguieres au Villafranchien (Crau d'Arles verdoyante) ou par le seuil de Lamanon au quaternaire récent (Crau de Miramas).

Le substratum des cailloutis le plus souvent gréso-marneux a un modelé très irrégulier, il affleure même en certains points. Ils sont recouverts d'une couche de limons qui constituent une richesse pour les agriculteurs.

La perméabilité des cailloutis de Crau est élevée (la nappe est localement exploitée pour l'alimentation en eau potable) et la transmissivité, très variable en fonction de l'épaisseur de l'aquifère, atteint 0,5 m2/s dans le sillon qui longe la bordure Est. Lorsque la nappe est libre ce qui est le cas le plus général, les coefficients d'emmagasinement s'étagent de 1.10-2 à 6,5.10-2.

Le débit moyen de la nappe d'après diverses estimations serait compris entre 5 et 7,5 m^3/s à l'aval près des exutoires.

L'alimentation de la nappe provient pour les 3/4 de l'infiltration des excès d'irrigation. Leur suppression ou la modification technique d'arrosage provoqueraient une baisse généralisée et même son tarissement.

La nappe s'écoule du col de LAMANON en direction d'un réseau de drainage établi en bordure du Rhôneet de la mer. Dans la zone considérée la nappe s'établit au NE à la côte + 90 et au SW côte + 65.

- La molasse tortonienne (Miocène), de faible perméabilité, ainsi que le sommet de l'Helvétien sont situés au-dessus du niveau de base hydrogéologique imposé par la Touloubre et ne sont donc pas aquifères.

- Les terrains de l'Helvétien (Miocène) ont des caractéristiques hydrodynamiques variables tant verticalement que latéralement, les variations de faciès étant importantes. Dans les terrains les plus aquifères, (molasses, quelques niveaux sableux), la perméabilité est cependant relativement faible, juste suffisante pour l'alimentation individuelle.

- Les calcaires du Crétacé et du Jurassique doivent être le lieu de circulations profondes dans un karst développé. Les caractéristiques de ce système karstique sont peu connus (peu de forages ayant exploré ces niveaux).

2.5 Contexte sismique

Les données relatives à l'aléa et au microzonage sismique sur la zone d'études (communes de Grans, Salon de Provence, Pélissanne) sont fournies dans le rapport « *Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques - Microzonage des communes de Grans, Salon et Pélissanne* » référencé C13MN0038 et daté d'octobre 2015.

3 Évaluation des aléas naturels en conditions dynamiques

3.1 Evaluation et caractérisation de l'aléa liquéfaction sous séisme

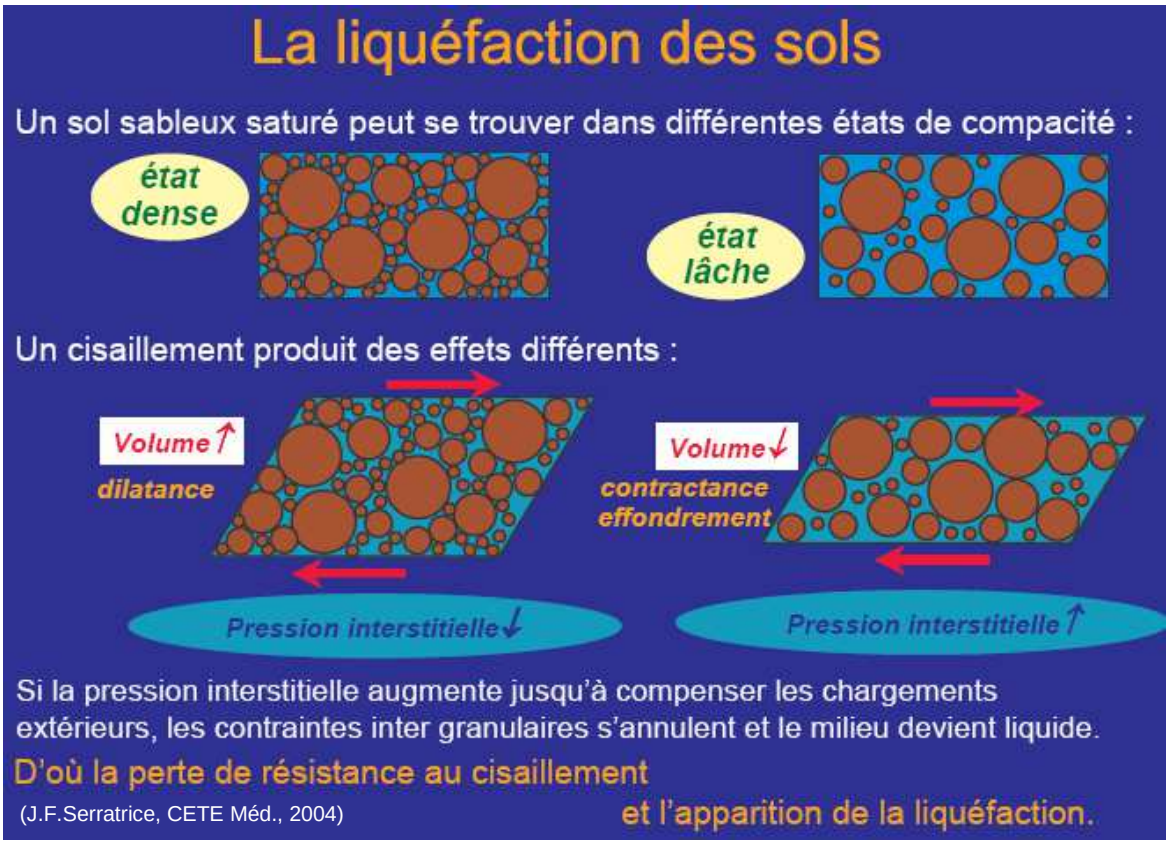
3.1.1 Présentation du phénomène de liquéfaction

On appelle liquéfaction d'un sol, le processus conduisant à la perte totale de résistance au cisaillement du sol par augmentation de la pression interstitielle. Elle est accompagnée de déformations dont l'amplitude peut être limitée ou quasi-illimitée.

Le risque de liquéfaction résulte de la combinaison de deux facteurs:

- La susceptibilité du sol à la liquéfaction, qui fait intervenir la granulométrie et l'état de compacité du sol, le niveau de la nappe, et la contrainte verticale initiale. Cette susceptibilité est directement liée au caractère contractant ou dilatant du matériau sous cisaillement. Dans le cas d'une configuration saturée, si le sol est dilatant sous contrainte cyclique, le squelette solide augmente de volume et donc la pression interstitielle chute. Au contraire, si le sol est contractant, le squelette solide se contracte et donc la pression interstitielle augmente et il peut y avoir liquéfaction.
- Les caractéristiques de l'action sismique (amplification, durée, etc.) qui a pour effet de solliciter le terrain en cisaillement.

Le risque de liquéfaction est d'autant plus grand que le sol est contractant (sable lâche) et est d'autant plus rapide que le sol est proche de la saturation.



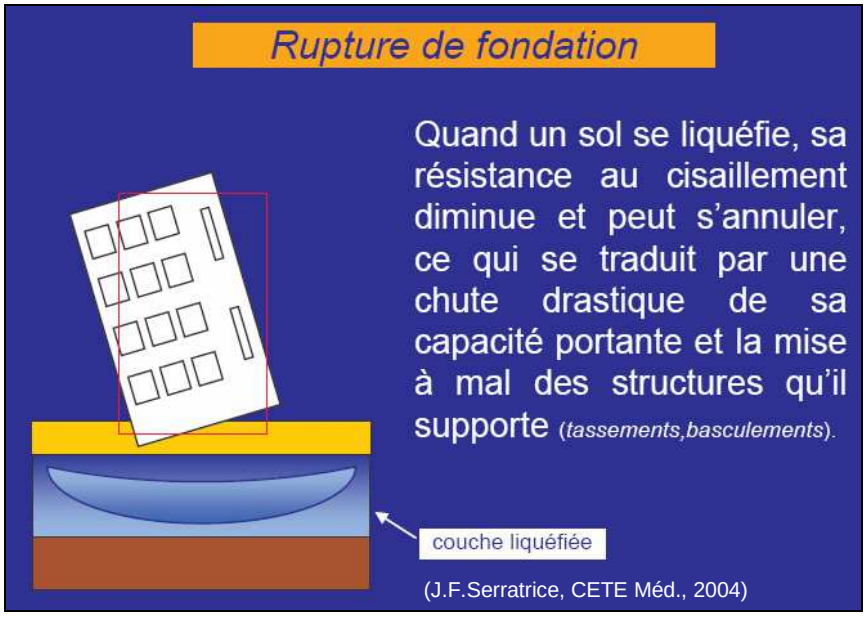
La liquéfaction des terrains en profondeur se manifeste généralement par les événements suivants:

- Ejection de sable, volcan de boue, fissures émissives,



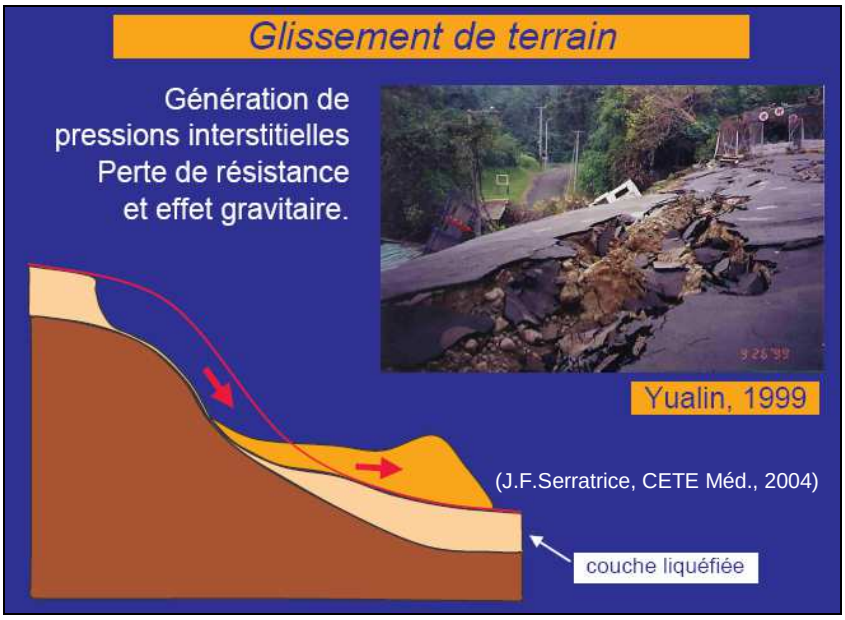
- Remontées d'eau et de sable sous pression par les fissures,

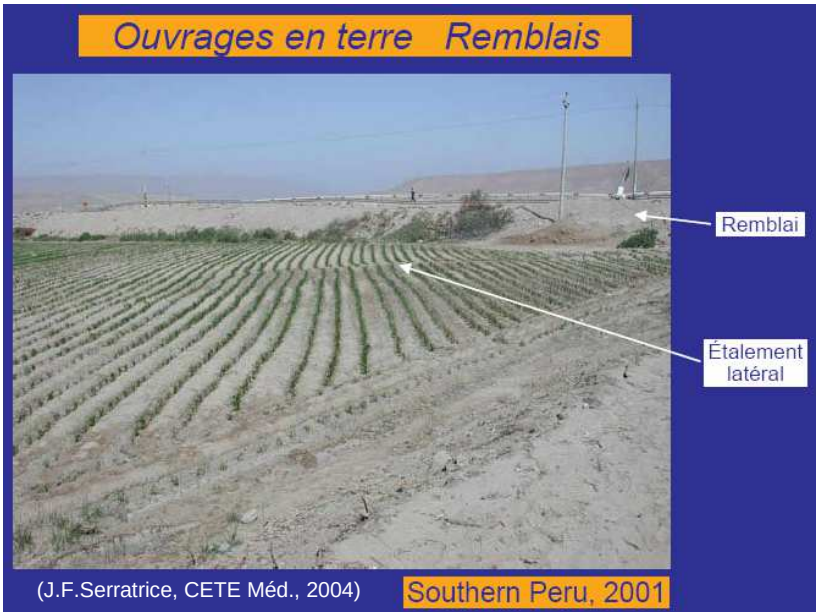
- Rupture du sol par poinçonnement,



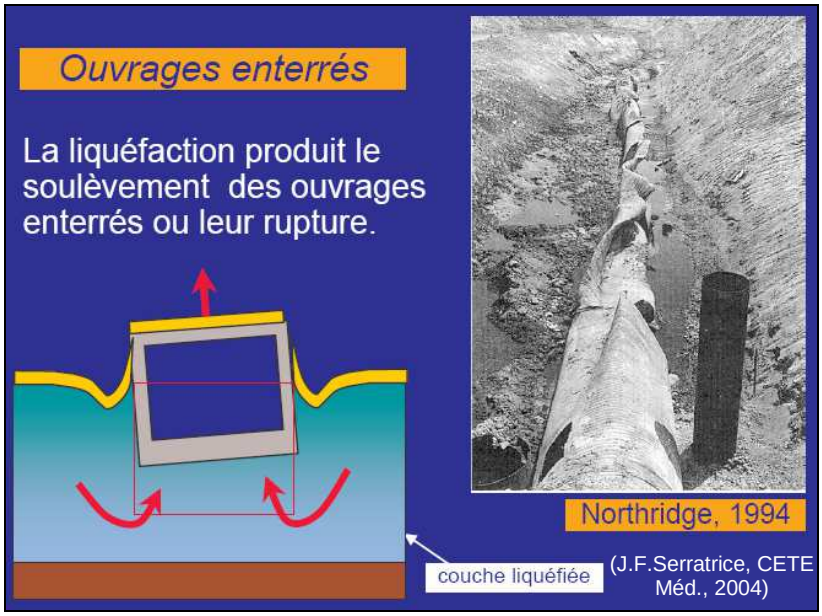
- Phénomènes de tassements,

- Glissements latéraux.


Glissement de terrain
Génération de pressions interstitielles Perte de résistance et effet gravitaire.
Yualin, 1999
(J.F.Serratrice, CETE Méd., 2004)
couche liquéfiée


Ouvrages en terre Remblais
Remblai
Étalement latéral
(J.F.Serratrice, CETE Méd., 2004)
Southern Peru, 2001

- Soulèvements des ouvrages enterrés.



L'ensemble des observations in situ montrent que seuls les terrains du Quaternaire sont affectés par la liquéfaction (Youd et Perkins, 1978).

Comme le montre le tableau ci-après, les sols susceptibles de se liquéfier sont ceux dont les contextes de dépôt sont les suivants :

- Les vallées alluviales,
- Les deltas,
- Les rives de fleuves et de lacs, les bords de mer.

Nature du dépôt	Possibilité d'occurrence de liquéfaction de sols pulvérulents saturés			
	< 500 ans	Holocène < 1 000 ans	Pléistocène[3] < 1 650 000 ans	Prépléistocène > 1 650 000 ans
DEPOTS CONTINENTAUX				
Rivière	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Plaine alluviale	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dépôts éoliens	Modérée	Faible	Faible	Très faible
Terrasses marines	-	Faible	Très faible	Très faible
Deltas	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dépôts lacustres	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Colluvions	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Dunes	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Loess	Élevée	Élevée	Élevée	
Moraines glaciaires	Faible	Faible	Très faible	Très faible
ZONES COTIERES				
Deltas	Très élevée	Élevée	Faible	Très faible
Estuaires	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Plages	Modérée à élevée	Modérée à faible	Faible à très faible	Très faible
Lagons	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
REMBLAIS ARTIFICIELS				
Non compacté	Très élevée	-	-	-
Compacté	Faible	-	-	-

Figure 5: Susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de la nature et de l'âge du dépôt (d'après Youd et Perkins, 1978)

La plupart des épisodes de liquéfaction a apparemment lieu à des faibles profondeurs (probablement moins de 10 mètres) et dans des zones où la nappe phréatique (libre ou perchée) était près de la surface ou bien à quelques mètres de celle-ci.

La vulnérabilité à la liquéfaction décroît avec la baisse de la nappe et seulement quelques exemples de liquéfaction ont eu lieu à des profondeurs de plus de 10 mètres (Youd et Idriss, 2001)

Âge du dépôt	Profondeur de la nappe (m)			
	0 - 3	3 - 10	10 – 15	> 15
Holocène récent < 500 ans	Élevée à très élevée	Modérée	Faible	Très faible
Holocène < 10 000 ans	Élevée	Modérée	Faible	Très faible
Pléistocène récent < 1 650 000 ans	Faible	Faible	Très faible	Très faible
Prépléistocène > 1 650 000 ans	Très faible	Très faible	Très faible	Très faible

Figure 6: Susceptibilité des dépôts sédimentaires à la liquéfaction en fonction de leur âge et de la position de la nappe (AFPS, 1993)

3.1.2 Aspects réglementaires: norme NF-EN- 1998-5 (Eurocode 8)

- ***Cas où le risque de liquéfaction est suspecté selon NF EN 1998-5***

(1) « Une évaluation de la susceptibilité à la liquéfaction doit être effectuée lorsque le sol de fondation comprend des couches étendues ou des lentilles épaisses de sables lâches, avec ou sans fines silteuses ou argileuses, au-dessous du niveau de la nappe phréatique, et lorsque ce niveau est proche de la surface du sol. » (NF-EN-1998-5).

- ***Cas où le risque de liquéfaction peut être négligé selon NF EN 1998-5***

(2) La norme NF EN 1998-5 (Eurocode 8) permet de négliger le risque de liquéfaction dans les cas suivant :

Si $\alpha.S< 0.15$ où $\alpha = a_{gr} / g$

g = accélération de la pesanteur et S est le paramètre caractéristique de la classe de sol selon EN 1998-1

a_{gr} = pic de l'accélération de référence du sol pour le sol de classe A

et au moins une des conditions suivant est remplie :

- les sables contiennent de l'argile en proportion supérieure à 20% avec un indice de plasticité IP>10 ;
- les sables contiennent des silts en proportion supérieure à 35% et, simultanément le nombre de coups SPT normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie, $N_1(60)>20$;
- les sables sont propres, avec la valeur du nombre de coups SPT normalisé pour l'effet de surcharge due au terrain et du rapport d'énergie, $N_1(60)>30$.

Dans le cas des Communes de Grans, Salon et Pélissanne, $\alpha = 1.6$

Le paramètre de sol S étant supérieur à 1 pour l'ensemble des profils de sols pouvant être considérés, il en résulte $\alpha.S \geq 0.16$.

Par conséquent, sur la zone d'étude, le risque de liquéfaction ne peut pas être écarté pour les matériaux correspondant aux conditions définies dans le paragraphe (1) ci-dessus.

- ***Recommandations sur les méthodes d'analyse du risque de liquéfaction***

(3) Afin d'appréhender le comportement des sols vis à vis de la liquéfaction, la norme NF-EN-1998-5 exige d'effectuer des reconnaissances basée sur des essais in situ comportant a minima des essais granulométriques en laboratoire associés :

- soit à des essais de pénétration standard (SPT),
- soit à des essais de pénétration au cône (CPT).

Sur la base des résultats de ces essais, la norme permet d'évaluer la susceptibilité à la liquéfaction des sols.

3.1.3 Liste des études disponibles sur la liquéfaction dans la zone d'études

Afin d'affiner la connaissance des sols présents au droit des communes de GRANS, SALON, et PELISSANNE, les études géotechniques (principalement routières) disponibles au sein de la DTer Méditerranée ont été passées en revue. Une seule s'est avérée pertinente ;

- l'étude de la liaison Salon-Fos qui traverse les communes de SALON et de GRANS

La base de données du sous-sol du BRGM a également été consultée.

N.B. : Aucune donnée de ce type n'est disponible dans la Base de Données du Sol et du Sous-sol du BRGM. Par ailleurs, une campagne d'investigation effectuée à l'échelle d'une commune n'est pas envisageable dans le cadre de la réalisation du PPR.

Il en découle que les seuls éléments de réflexion pouvant être considérés dans le cadre du PPR sont les conclusions d'études de liquéfaction menées par le passé, dans l'emprise de la zone d'études (GRANS, SALON et PELISSANNE). Il convient cependant de considérer ces conclusions avec précaution ; en effet, chaque étude correspond à un contexte géotechnique spécifique (variation spatiale du faciès d'une formation géologique, variation des caractéristiques mécaniques associées, variation des conditions hydriques et hydrogéologiques etc.). Une formation considérée non liquéfiable dans le cadre ponctuel d'une étude, dont l'emprise est délimitée, n'est pas extrapolable à l'ensemble de son affleurement sur une commune.

3.1.4 Méthodologie utilisée dans le cadre du PPR pour la détermination de la l'aléa à la liquéfaction

Dans le cadre des PPRs des communes de GRANS, SALON et PELISSANNE, les études menées pour déterminer l'aléa à la liquéfaction des sols, correspondent à des études **qualitatives**, qui résultent de l'exploitation des données géologiques, hydrogéologiques ou géomorphologiques ;

- Les données relatives à l'*hydrogéologie* ne sont pas suffisamment précises à l'échelle de la zone d'études pour permettre d'identifier les terrains non saturés, exempts de risques de liquéfaction.

- Les données *géotechnique*s permettant d'effectuer ces analyses qualitatives sont précisées aux paragraphes 3.1.3 et 2.3. Pour l'essentiel, ces données géotechniques ne correspondent pas aux exigences de la norme NF EN 1998-5 en matière de techniques de reconnaissance, et ne permettent pas d'écarter le risque (cf. paragraphe 3.1.1). Se pose également le problème de la représentativité des données (obtenues à l'échelle d'un projet et non extrapolable à l'échelle d'une commune).

Par conséquent, **l'aléa de liquéfaction ne pourra être strictement écarté que par un critère géologique**. Ainsi, nous considérerons que les roches et les sols purement cohérents ne présentent pas d'aléa de liquéfaction. A ces formations sera donc attribué un **aléa « nul** ».

Lorsque des données géotechniques sont existantes, si les caractéristiques lithologiques ou géotechniques d'une formation permettent d'identifier, de manière justifiée, une faible probabilité de liquéfaction, l'aléa est alors qualifié de **« faible ».** En revanche, si une ***majorité de sondages*** in situ, ont avéré conformément à la norme, pour une formation géologique donnée, un aléa à la liquéfaction, alors le niveau d'aléa est qualifié d' **«élevé»** sur l'ensemble de l'affleurement de la formation. A l'inverse, dans le cas où les sondages identifiant la formation comme liquéfiable constituent une ***minorité***, alors l'aléa est qualifié de « **modéré** ».

En l'absence de données géotechniques, pour toute formation géologique non-cohérente et non-rocheuse, l'aléa à la liquéfaction ne pouvant être écarté, celui-ci sera considéré **« modéré »** a minima.

Cette graduation dans la susceptibilité à la liquéfaction, reflète, à l'échelle de la commune un niveau d'aléa associé à un certain degré d'incertitude.

3.1.5 Recensement des sols susceptibles de liquéfaction sur la zone d'étude

Compte tenu de ce qui précède, l'inventaire des différentes formations est effectué sur les trois communes de Grans, Salon et Pélissanne :

- E: éboulis quaternaires,
- Rz : Matériaux résiduels,
- Fz: limon et cailloutis du Quaternaire,
- Fy: cailloutis de Crau du Quaternaire,
- m1-3: molasse calcaire du Tortonien marin,
- $m2_{a2,c,e}$: molasse sableuse, marnes sableuses de l'Helvétien,
- $m2_{b,d}$: molasse calcaire de l'Helvétien.
- $N3_b$: marne et calcaire marneux de l'Hauterivien moyen
- $N4_U$, $n3_{a,b,c}$, n1, n2, n1-n2, $n3_{a,c}$, J7-8, $J9_T$, J9: Calcaires du Crétacé inférieur ou supérieur et Calcaire du Jurassique supérieur.

Considérant la lithologie de ces faciès, décrite au paragraphe 2.2, et en l'absence de sondage géotechnique permettant d'écarter le risque, les formations qui pourraient présenter *a priori* un aléa de liquéfaction sont les suivantes :

- Les alluvions du Quaternaire (Fz et Fy),
- Les formations résiduelles (Rz)

Les autres formations ont été écartées pour les raisons suivantes :

- Le substratum affleurant est constitué de roche et non d'un sol (Calcaire, Molasses)
- Les caractéristiques géotechniques correspondent à celles de sols consolidés présentant une forte cohésion (faciès marneux $N3_b$ et $m2_{a, c, e}$).
- La nature des éboulis (Eboulis de pente E), formés essentiellement par des dépôts cryoclastiques rocheux et de « menus galets » à variolite issus d'une ancienne terrasse alluviale présentent, une granulométrie et des caractéristiques mécaniques permettant d'écarter le risque de liquéfaction.

Par ailleurs, *la seule source bibliographique* permettant d'apprécier complémentairement l'aléa à la liquéfaction des sols sur la zone d'étude, a été l'étude de la liaison Salon-Fos qui traverse les communes de SALON et de GRANS. Cette étude a recoupé l'ensemble des formations géologiques.

L'analyse des résultats de cette étude de tracé routier qui comportait beaucoup de sondages et d'essais d'identification a permis de montrer que, sur la zone d'étude :

- Les cailloutis de Crau (Fy) ne présentaient pas les caractéristiques géotechniques des sols liquéfiables au sens de la norme NF-P-06-013.

- Un niveau de sable et gravier liquéfiable, situé entre 5.50 et 6.00 m de profondeur, a été rencontré dans un sondage carotté réalisé dans les alluvions Fz de la Touloubre.[2]

Il en résulte que les formations retenues comme susceptibles de liquéfaction dans le cadre du PPR des communes de SALON, GRANS et PELISSANNE sont les suivantes :

- Les alluvions anciennes du Quaternaire (Fy), => Aléa **nul**
  N.B. : Outre le fait que les cailloutis de Crau ne sont pas reconnus liquéfiables dans l'emprise de l'étude[3], compte tenu de la granulométrie essentiellement grossière de ces alluvions anciennes, cimentées à faible profondeur (poudingue), ainsi que de leurs caractéristiques géotechniques élevées, la susceptibilité à la liquéfaction est considérée nulle sur l'ensemble de l'affleurement de cette formation au droit des communes de Grans et Salon.

[2] Sondage C13 de la liaison Salon-Fos, niveau de "sable vert moyen et graviers" situé entre les cotes 5.50 et 6.00 m/TN.
Valeurs des passants de l'analyse granulométrique:

20 mm	5 mm	2 mm	0.4 mm	0.08 mm
100 %	95 %	85 %	58 %	5 %

=> $D_{60}/D_{10} \approx 4 < 15$ et $D_{50} \approx 0.3$ mm donc compris entre 0.05 mm et 1.5 mm.

- Les alluvions modernes du Quaternaire (Fz), pour lesquels un sondage dans les alluvions de la Touloubre a montré un niveau de sable et gravier liquéfiable entre 5,50 et 6,00 m de profondeur. => Aléa **modéré**
- Les formations résiduelles (Rz), en l'absence de données géotechniques prouvant le contraire => Aléa **modéré**

3.1.6 Proposition pour le zonage réglementaire PPR

Le précédent zonage présente une graduation de l'aléa à la liquéfaction à trois niveaux (faible, modéré ou élevé). Cependant, dans le cadre du PPR, les implications en termes de recommandations ne peuvent se faire qu'à deux niveaux :

- Si la susceptibilité à la liquéfaction est non nulle, il convient de mener une étude spécifique à l'échelle du projet, avec réalisation d'investigations conformément aux exigences de la norme NF EN 1998-5.

- Si la susceptibilité à la liquéfaction est considérée nulle, aucune investigation relative à la susceptibilité de liquéfaction n'est nécessaire.

Par conséquent, le zonage réglementaire établi pour le PPRs pourrait se traduire par une carte qui comporterait finalement deux zones :

- Les zones pour lesquelles la susceptibilité est nulle,
- Les zones pour lesquelles la susceptibilité ne peut être écartée compte tenu des éléments à notre disposition.

La synthèse sur les communes de GRANS, SALON et PELISSANNE serait donc la suivante :

Nature lithologique	**Zonage réglementaire pour la liquéfaction**
Fz: limon et cailloutis du Quaternaire	Investigations géotechniques conformément à la norme NF EN 1998-5
Rz: Matériaux résiduels	
Autres formations	Aucune disposition à prévoir

3.2 Mouvements de terrain sous séisme : la méthode pseudo-statique dans le cadre du PPR

3.2.1 Généralités

L'effet des séismes sur la stabilité des pentes dépend de nombreux facteurs tels que la géologie, l'hydrogéologie, la topographie, les caractéristiques mécaniques des terrains constituant la pente, les conditions préexistantes de stabilité, qui sont inhérents à l'environnement du site.

A ces facteurs, viennent s'ajouter les caractéristiques de la sollicitation sismique: accélération maximale, contenu en fréquence, durée.

Avant de proposer une carte d'aléa mouvement de terrain en dynamique, la première étape de l'évaluation de l'aléa consiste à établir une carte d'aléa de type classique, c'est-à-dire sans tenir compte des conditions sismiques.

Dans ces cartes, l'intensité des aléas est déterminée en fonction de la probabilité d'occurrence d'un phénomène mouvement de terrain, sur un territoire donné, sans préjuger de la date de son déclenchement ni des dommages qu'il peut causer.

La légende adoptée pour la carte d'aléa statique, est le croisement de deux informations:

- Le type de phénomène qui peut être avéré ou potentiel, et
- La probabilité d'apparition de l'événement qui va de nulle à très élevée.

3.2.2 Cartographie de l'aléa mouvement de terrain en situation dynamique sur la zone des PPR

Pour les mouvements de terrain en dynamique (sous séisme), la présente étude s'appuie sur les cartes d'aléa statique réalisées dans le cadre des P.E.R. de GRANS, SALON-DE-PROVENCE et PELISSANNE.

Rappel : Les cartes d'aléa statique avaient recensé l'ensemble des aléas de mouvements de terrain (glissements, effondrements, affaissements, érosion, chutes de blocs, etc.) présents au droit de la commune ainsi que les aires susceptibles d'être affectées par ces aléas.

La prise en compte de la sismicité se traduit pour les mouvements de terrain en dynamique par[4] :

- un ajout de phénomènes spécifiques, tels que les glissements subhorizontaux sur les berges, ainsi qu'éventuellement les glissements provoqués par le phénomène de liquéfaction
- une aggravation de l'aléa, pour une zone de phénomène donné,
- une extension des zones d'épandage pour les éboulements rocheux.

3.3 Glissements de terrain en situation dynamique

3.3.1 Application de la méthode pseudo-statique

On emploie une méthode qui repose en premier lieu sur la cartographie réalisée en statique puis sur l'application d'une méthode pseudo statique simplifiée qui détermine la majoration de l'aléa dû aux conditions dynamique. Il convient cependant de noter que:

- Cette procédure ne peut être appliquée aux terrains dans lesquels des surpressions interstitielles seraient susceptibles de se produire.
- Pour le calcul pseudo statique, le coefficient sismique est pris conventionnellement égal à a_{gR} l'accélération de référence du sol, pour le sol de classe A de calage du spectre divisée par 2.

On admet que le zonage statique de l'aléa mouvement de terrain, reflète l'attribution d'un **"coefficient de sécurité statique" noté Fs**, fonction des propriétés mécaniques du sol (cohésion c et angle de frottement interne φ), de la géométrie du versant (pente α) et des pressions interstitielles (u).

Le degré d'aléa peut être assimilé à la valeur de Fs, plus ou moins proche de 1; Fs est estimé approximativement à partir des conditions actuelles, mais certains paramètres sont susceptibles d'évoluer (changement de la géométrie du versant par réalisation de terrassement, modification des conditions hydrauliques et hydrogéologiques, etc.)

Ainsi, on peut distinguer quatre degrés d'aléa avec des coefficients de sécurité statiques estimés comme suit (d'après Guide Méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique – AFPS – novembre 1993):

- Niveau 1: 2.0 < Fs
- Niveau 2: 1.5 < Fs < 2.0
- Niveau 3: 1.25 < Fs < 1.5
- Niveau 4: 1 < Fs < 1.25

[4] Cf. Guide méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique, AFPS, Novembre 1993

La définition retenue pour le coefficient de sécurité est la définition usuelle des géotechniciens à savoir, le rapport entre les forces résistantes maximales et les forces motrices.

La prise en compte de l'action sismique se traduit par l'introduction dans le calcul pseudo-statique, d'un coefficient sismique horizontal K, représentant l'accélération au site, exprimée en g (1 g= 9,81 m/s²). **$K = 0.5.\ a_{gr}$**

Pour des zones où le terrain et les pentes moyennes sont homogènes, on définit alors à partir de la pente moyenne (α) du versant, de l'aléa sismique (K), du niveau d'aléa hors séisme (Fs), un **"coefficient de sécurité pseudo-statique" noté Fd**.

Fd a été déterminé pour les cas de sols suivants:

- Sols purement cohérents (argiles, etc.)
- Sols purement frottants (sables, etc.)

Pour une accélération parallèle à la pente et égale à K, la formule donnant les coefficients de sécurité dynamique s'écrit:

$$Fd = Fs\,\frac{\phi(K,\alpha)}{\phi(0,\alpha)}$$

La fonction ϕ dépend du type de sol et s'écrit :

Sol purement frottant	Sol purement cohérent
Fd **= tan φ . (1- K.tanα) / (K+tanα)**	***Fd*** **= c/ (γ.H) x 1/ (sinα + k.cosα)**

Une fois que Fd a été déterminée, comme pour Fs, on revient à la notion d'aléa dynamique à quatre niveaux comme suit:

- Niveau 1: 2.0 < Fd
- Niveau 2: 1.5 < Fd < 2.0
- Niveau 3: 1.25 < Fd < 1.5
- Niveau 4: 1 < Fd < 1.25

3.3.2 Cartographie de l'aléa de glissement sur les communes de GRANS, SALON et PELISSANNE

Cette partie de l'étude reprend les analyses et les conclusions des PER de 1988. La planche n°2 reprend ainsi intégralement les zones définies dans ce PER en termes de limites de zone et de nature d'aléa.

Cinq niveaux d'aléa ont été différentiés:

1: nul

2: faible

3: moyen

4: élevé

5: très élevé

Les études réalisées en juin 1986 par le CETE Méditerranée et le BRGM indiquaient :

- dans le cadre du P.E.R. de Grans, pour l'aléa mouvement de terrain que « *l'analyse des différents éléments déterminants pour l'étude de la stabilité des terrains […] ne permet pas de mettre en évidence actuellement un risque de mouvement de terrain actif ou potentiel ».*
- dans le cadre du P.E.R. de Pélissanne que le risque de chutes de blocs est le seul représenté sur la partie Nord de la commune (Pied du chevauchement des Costes, Roc de Caronte).
- dans le cadre du P.E.R. de Salon-de-Provence que le risque de chutes de blocs est le seul représenté, sur la partie Nord-Est de la commune uniquement. La carte d'aléa statique établie alors n'a pas été modifiée dans le cadre de la présente étude.

Aucune des trois communes n'est concernée par l'aléa glissement en statique, les glissements à considérer en dynamique seraient donc limiter à d'éventuels glissements superficiels dans les formations de faibles caractéristiques mécaniques de types alluvions modernes.

Conclusion :

En situation dynamique, il peut donc être considéré, sur les communes de Salon, Grans et Pelissanne, que seules les alluvions des rives de la Touloubre peuvent être concernées par des mouvements superficiels, avec une probabilité d'occurrence proche de nulle.

Par conséquent, l'aléa glissement n'est représenté en annexe sur aucune des communes.

3.4 Evaluation et caractérisation de l'aléa chute de blocs sous séisme

3.4.1 Application de la méthode pseudo-statique

Actuellement**, il n'existe aucune méthodologie** permettant d'apprécier l'effet d'un séisme sur une zone soumise à un aléa chutes de blocs. En cas de séisme, on assiste surtout à une généralisation des éboulements dans les zones à risques (effet de "purge" produit par la secousse) et à un allongement des trajectoires des blocs libérés lors du séisme.

Par conséquent, on augmente de manière empirique la zone de réception sous sollicitation sismique en tenant compte de la topographie et de la limite pressentie en statique.

Les rédacteurs d'études peuvent s'appuyer localement sur des calculs trajectographiques en statique afin de vérifier la zone de réception dynamique, définie de manière empirique.

Nous fournissons en annexe quelques exemples de calculs de trajectographie de chutes de blocs en statique. Ces exemples ont été réalisés sur des profils fictifs ne concernant pas la commune. La limite statique définie dans ces conditions la zone de propagation minimale à prendre en compte.

3.4.2 Cartographie de l'aléa de chute de blocs sur les communes de GRANS, SALON et PELISSANNE

L'étude réalisée en juin 1986, indique que le risque de chute de blocs est présent sur

- *le territoire de la commune de Salon-de-Provence, où il est le seul risque représenté et ce, sur sa partie Nord-Est uniquement.*
- *Le territoire de la commune de* Pélissanne*,* dans deux zones :
    - *Au Nord de la Commune, dans les Molasses Calcaires du Tortonien avec un risque élevé à très élevé*
    - *Au Nord-Est, en limite de commune où est situé un important relief calcaire constitué par une série de petites falaises (le Roc de Caronte) présentant un risque qualifié comme faible à moyen.*

Les cartes d'aléa de mouvement de terrain avaient été réalisées en 2005 (première version du rapport) et n'ont pas été modifiées par la présente étude.

Sur les communes, les vitesses issues de l'analyse déterministe de l'aléa sismique sont très faibles (entre 4 et 13 cm/s) et ne permettent pas la prise en compte directe dans des modélisations fines de trajectographie de cet incrément de vitesse en situation dynamique.

Conclusion :

En l'état actuel des connaissances, seuls les PPRs de Salon-de-Provence et de Pélissanne mettent en évidence un aléa non nul vis-à-vis des chutes de blocs.

4 Synthèse

Les études préalables à la production d'un plan de prévention des risques sismiques pour les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne ont permis d'établir un zonage des aléas naturels (chutes de blocs, glissement et liquéfaction) en contexte dynamique sur les trois communes. Dans le cas de la liquéfaction, une proposition de zonage réglementaire associé est également soumise, en accord avec le contexte réglementaire de l'Eurocode 8.

Une carte de synthèse des aléas combinant le microzonage sismique et les aléas naturels en conditions dynamiques est proposée dans la Planche 4 («carte de zonage des aléas ») en annexe du présent rapport.

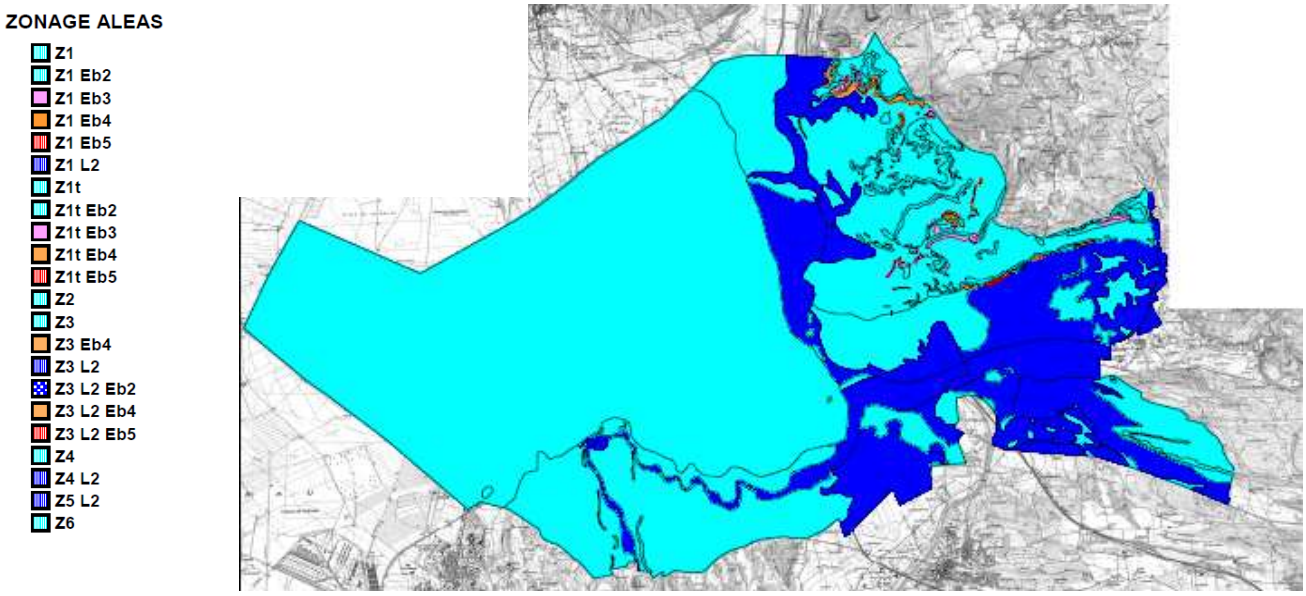


Figure 7 : Carte de zonage des aléas sur les communes de Salon, Grans et Pélissanne, levé au 1/10 000.

Le chef du service RGGC — Le chef du laboratoire de Nice

Patrice MAURIN — Benoît CANAL

ANNEXE

Exemples de trajectographie

Exemples de trajectographie

Principe de la méthode

L'analyse de propagation peut être réalisée par simulation sur modèle numérique mis au point par le Laboratoire des Ponts et Chaussées Rhône-Alpes[5].

Présentation de la méthode

Dans ce modèle d'impact, le mécanisme essentiel mis en jeu est l'énergie potentielle libérée au cours de l'éboulement et transformée, en partie, par la propagation en énergie cinétique.

La résistance à l'air étant négligeable, cette énergie est produite et dissipée progressivement au cours du déplacement, notamment lors des impacts par :

- le frottement,
- la déformation plastique du terrain,
- la projection des matériaux,
- la fragmentation des blocs,
- les vibrations transmises au sol.

Ce modèle est basé sur les études théoriques et les observations de terrain faites précédemment, c'est à dire la topographie, les caractéristiques du terrain, le volume et la forme des blocs (qui agit sur la rotation) et la fragmentation ; qui sont autant de paramètres pour la dissipation de l'énergie.

Quatre fonctions de transfert caractérisent les relations entre l'énergie cinétique incidente et l'énergie cinétique après l'impact :

- une fonction de transfert normale Ψn caractérisant l'énergie cinétique transmise dans la direction normale ; Ψn traduit la partie élastique du rebond. Celle-ci est très faible ;

- une fonction de transfert de glissement Ψg caractérisant l'énergie cinétique transmise dans la direction tangentielle ; Ψg traduit l'influence du mécanisme de glissement associé à un déplacement tangentiel au cours de l'impact ;

- une fonction de transfert de rotation Ψp caractérisant l'énergie cinétique transmise, liée à la rotation du bloc ; celle-ci est prépondérante, ce mécanisme jouant un rôle essentiel dans la propagation ;

- un facteur de roulement Kp lié à la variation de l'énergie cinétique entre deux impacts successifs.
  Kp est une fonction dont la valeur est comprise entre 0 et 1, traduisant l'influence relative des mécanismes de rotation et de glissement lors d'un impact.

[5] *L. Rochet (1987)-Application des modèles numériques de propagation à l'étude des éboulements rocheux. Bull. Liaison. Labo Ponts et Chaussées, 150/151, Juil-Août/Sept-Oct.*

Les valeurs des fonctions de transfert dépendent de plusieurs paramètres principaux: la nature des terrains dans la zone d'impact, le volume des blocs, la vitesse d'impact.

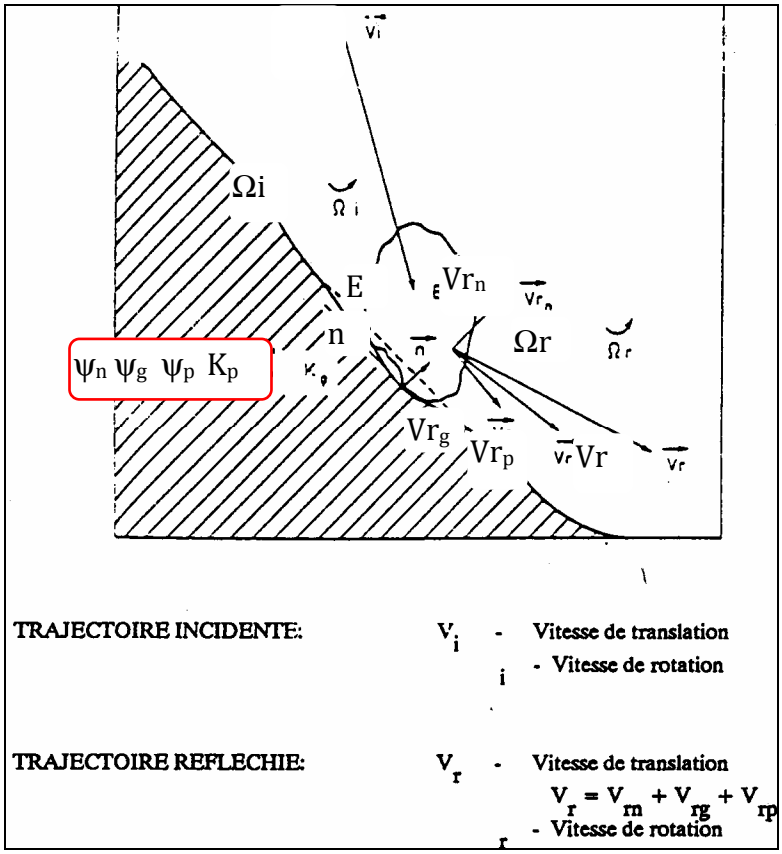


Figure 8: représentation des vecteurs vitesses et des fonctions de transfert au moment de l'impact d'un bloc.

Vr_n : vitesse réfléchie normale à la direction de propagation (rebond élastique),

Vr_g : vitesse réfléchie tangentielle à la direction de propagation (glissement),

Vr_p : vitesse réfléchie liée à la rotation du bloc. L'orientation de ce vecteur dépend de l'élancement cinématique E du bloc,

F_n, F_g, F_p : effort normal à la trajectoire, de glissement et de rotation,

V_i : vitesse de translation incidente,

E : élancement cinématique.

Le vecteur *Vr* correspondant à la vitesse réfléchie à la sortie de l'impact est décomposé, dans le plan vertical de la trajectoire émergente, en :

$$Vr = Vr_n + Vr_g + Vr_p$$

dans lesquels les composantes Vr_n , Vr_g et Vr_p ne dépendent que des mécanismes de transfert d'énergie correspondants :

$Vr_n = F_n (Vi, n, E, \Psi_n)$

$Vr_g = F_n (Vi, n, E, \Psi_{g,}, K_p)$

$Vr_p = F_p (Vi, n, E, \Psi_{p,}, K_p)$

Les vecteurs Vr_n, Vr_g sont orientés respectivement suivant les directions normale et tangentielle du versant ; l'orientation du vecteur Vr_p est liée à l'élancement cinématique E du bloc.

Le rapport entre l'énergie cinétique de rotation et l'énergie cinétique de translation dépend de la valeur du facteur de roulement K_p et de l'élancement cinématique E.

Ces fonctions, caractérisant les mécanismes d'échange et de dissipation d'énergie, ne permettent pas une détermination directe des paramètres de calcul.

L'estimation des valeurs caractéristiques repose sur l'analyse des données expérimentales précises. Cette rétro-analyse permet le calage du modèle à partir de l'analyse de données relatives à des éboulements antérieurs observés sur site.

Cette analyse de l'extension probable d'un éboulement, des caractéristiques limites des trajectoires, de l'étude des conditions de propagation est effectuée au moyen de modèles dits à trajectoire enveloppe : conditions limites de propagation générées par l'enchaînement d'impacts successifs sur l'ensemble de la trajectoire. Modèle aléatoire calé à partir des trajectoires enveloppes.

Paramètres fournis au logiciel de trajectographie

Topographie

Pour chaque profil il faut intégrer les valeurs d'abscisse et d'altitude afin d'obtenir la trajectoire de propagation suivie. De la topographie du versant dépend l'énergie potentielle mise en jeu lors de l'éboulement.

Paramètres cinétiques

Il faut définir :

- la vitesse initiale du bloc en m/s, cette valeur est égale à 1 m/s par défaut à la zone de départ du bloc. Elle influence directement la trajectoire.

- l'angle d'incidence en degré au départ du bloc, par défaut il est choisi à 0° par rapport à l'horizontale.

- l'abscisse (X) et l'altitude (Z) de départ, en mètres, à l'origine des profils ne correspond pas nécessairement à la zone de départ des blocs. Plusieurs départs de blocs ont été définis sur un même profil en fonction des observations faites lors de l'étude d'aléa.

Paramètres mécaniques

Il faut définir :

- le volume en m^3; les essais effectués sur un même profil montrent son rôle négligeable sur la trajectoire du bloc.

- l'élancement : l'élancement cinématique E du bloc est un paramètre essentiel du fait de l'importance de la rotation des blocs dans les conditions de propagation.

Paramètre de calcul

Le pas de calcul est choisi égal à 1 par défaut

Caractéristiques de terrain

Le choix des caractéristiques de terrain, qui traduisent les phénomènes d'échange et de dissipation d'énergie lors des impacts, est essentiel.

Les classes de terrain correspondent à des valeurs de référence, on distingue :

- Rocher Sain,
- Rocher Altéré
- Éboulis Compact,
- Éboulis Meuble,
- Terrain Naturel,
- Liquide.

Les caractéristiques cinématiques des terrains règlent le mécanisme d'échange et de dissipation d'énergie au cours de l'impact. Les valeurs correspondantes sont déterminées expérimentalement à partir d'observations de terrains effectuées sur différents sites (calage de modèle)

Sur les profils obtenus on observe que le rocher sain favorise les trajectoires aériennes alors que les éboulis meubles réduisent la vitesse et favorisent le roulement.

Les exemples

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

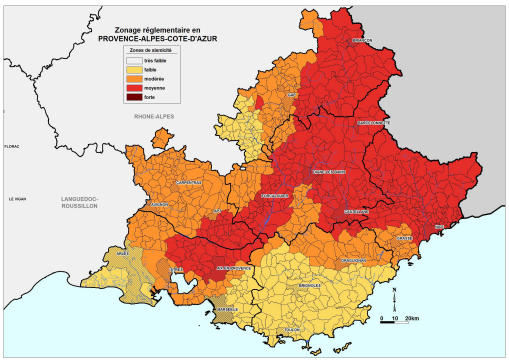
Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 -Tél : +33 (0)4 42 24 76 76
Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr

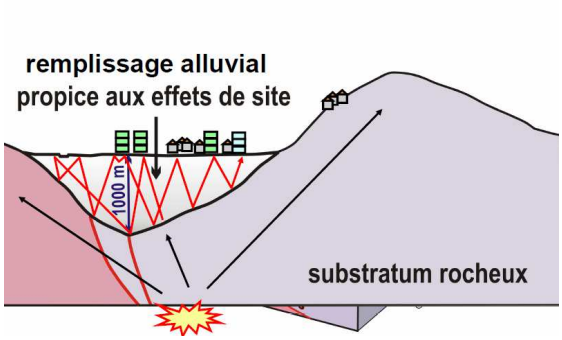
Cerema

Direction territoriale Méditerranée

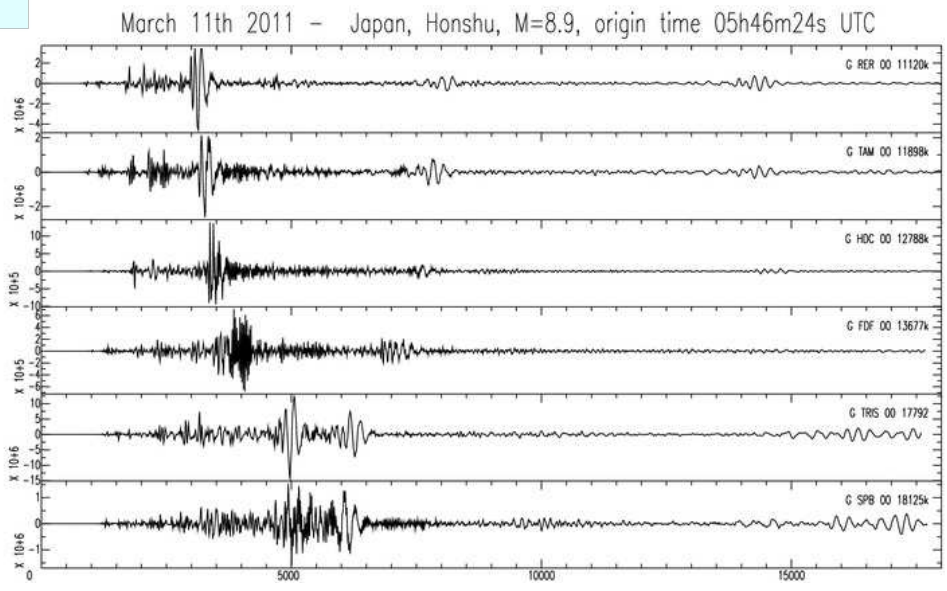
Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques

Microzonage des communes de Grans, Salon et Pélissanne









DDTM 13

Études préalables à l'établissement du Plan de Prévention des Risques sismiques

Microzonage des communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne

date : octobre 2015

auteur : Direction Territoriale Méditerranée

responsable de l'étude : Etienne Bertrand

participants : Etienne Bertrand, Philippe Langlaude, Michel Pernoud, Diego Mercerat

résumé de l'étude :

Ce rapport présente une mise à jour des études menées par le CETE Méditerranée en 1998 puis 2005 en vue de la prescription d'un PPR sismique sur les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne. Cette mise à jour à pour objectif de :
- prendre en compte le passage à la nouvelle réglementation parasismique française (décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010),
- vérifier les types de sols sur les communes par l'application d'expérimentations sismologiques nouvelles (analyse en réseau du bruit de fond sismique)
- considérer les données géotechniques, géologiques et sismologiques nouvelles éventuellement disponibles dans la région.
Les éléments du rapport CETE Méditerranée daté de 2005 sont ainsi repris ici et modifiés le cas échéant.

zone géographique : Département des Bouches du Rhône
nombre de pages : 49
n° d'affaire : C13MN0038
maître d'ouvrage : DDTM13

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
0	27/10/2014	Version initiale
2	13/11/2014	Prise en compte des remarques de E. Trielli
3	09/07/2015	Prise en compte des remarques de la DDTM13
4	27/10/2015	Prise en compte des remarques de la DDTM13
5	28/01/2016	Prise en compte des remarques de la DDTM13

Affaire suivie par

Etienne BERTRAND - Service Risque Sismique
Tél. : 04 92 00 81 61/ Fax : 04 92 00 81 39
Courriel : etienne.bertrand@cerema.fr

Rédacteur

Etienne BERTRAND- Service Risque Sismique

Relecteur

Elise TRIELLI - Service Risques Géologiques, Géotechnique et Chaussées

SOMMAIRE

1 Introduction 7
1.1 Études précédentes 7
1.2 Objectifs de l'étude 7
1.3 Contexte réglementaire en France 7

2 Contexte physique 10
2.1 Contexte géographique 10
2.2 Contexte géologique 11
2.3 Contexte géotechnique 15
2.4 Contexte hydrogéologique 18

3 Évaluation de l'aléa régional 18
3.1 Approche réglementaire 18
3.2 Séismes historiquement ressentis sur la zone d'étude 20
3.3 Connaissances nouvelles 22
3.4 Accélérogrammes de référence 22

4 Évaluation de l'aléa local (Microzonage) 23
4.1 Les effets de site lithologiques 23
4.1.1 Approche réglementaire 24
4.1.2 Enregistrement de bruit de fond 25
4.1.3 Spectres de réponse élastiques 33
4.2 Les effets de site topographiques 44

5 Conclusion 47

1 Introduction

1.1 Études précédentes

Un Plan d'Exposition aux Risques avait été prescrit en 1985 pour les aléas inondation, mouvement de terrain et séisme sur les communes de Salon de Provence, Grans et Pélissane. Des études préliminaires ont été réalisées en 1988 par le BRGM et le CETE Méditerranée pour les risques "mouvements de terrain" et "séisme". Ces études ont été complétées en 2005 par le CETE Méditerranée afin de prendre en compte :
- L'amélioration de la connaissance et de l'appréciation du niveau de sismicité des failles.
- L'évolution des méthodes d'évaluation des effets de site.
- Les avancées dans le domaine de l'approche de la vulnérabilité des structures aux séismes. En effet, des projets de scénario de risque ont été conduits en France notamment (GEM-GEP et RISKUE). La réalisation de ces scénarii a conduit à mettre au point différentes méthodes d'approche statistique de la vulnérabilité.

L'évolution de la réglementation en 2010 a poussé la DDTM13 à demander au service Risque Sismique de la DTER MED du CEREMA une nouvelle mise à jour des études. Celle-ci permet également de bénéficier des derniers progrès en matière de définition de l'aléa régional et local.

1.2 Objectifs de l'étude

La mission consiste à actualiser les études effectuées en 1988 et 2005 en vue de la prescription d'un PPR sur les risques sismique et éventuellement mouvements de terrain sur les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne. Les données sur l'aléa sismique seront revues et complétées si nécessaires à l'aide de techniques récentes ou données récemment acquises. Le microzonage sismique sera notamment mis à jour en tenant compte de la nouvelle réglementation parasismique nationale. Ainsi, la technique du bruit de fond sismique en réseau sera utilisée en plusieurs points de la zone afin de préciser ou confirmer les colonnes de sol définies dans les études antérieures. Une recherche de sondages géotechniques nouveaux sera effectuée et les études nouvelles sur les failles au voisinage de la zone d'étude seront analysées. La carte réglementaire proposée sera actualisée en fonction des cartes des aléas naturels induits pris en compte et de microzonage sismique conformément aux remarques émanant de la DDTM13.

1.3 Contexte réglementaire en France

À la date de rédaction de ce rapport et pour l'essentiel, la réglementation parasismique à mettre en œuvre sur le territoire national est inscrite dans les articles L563-1 du Code de l'Environnement et L112-18 du Code de la Construction et de l'Habitat. Cette réglementation se réfère :
- au décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 portant sur la Prévention du Risque Sismique,
- au décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des sones de sismicité du territoire français,
- à l'arrêté du 22 octobre 2010 décrivant la classification et les règles de construction parasismique pour les bâtiments entrants dans la classe des ouvrages à risque normal (ORN), avec les arrêtés modificatifs suivants dont le dernier en date du 15 septembre 2014.
- à l'arrêté du 26 octobre 2011 décrivant la classification et les règles de construction parasismique des ponts,

- à l’arrêté du 24 janvier 2011 décrivant les règles de construction parasismique des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).

La réglementation parasismique se base sur un zonage sismique datant de 2005 découpant le territoire national en cinq zones de sismicité croissante : zone 1 d'aléa très faible, zone 2 d'aléa faible, zone 3 d'aléa modéré, zone 4 d'aléa moyen et zone 5 d'aléa fort (réservé aux Antilles française). Ce découpage communal est présenté dans la figure suivante.

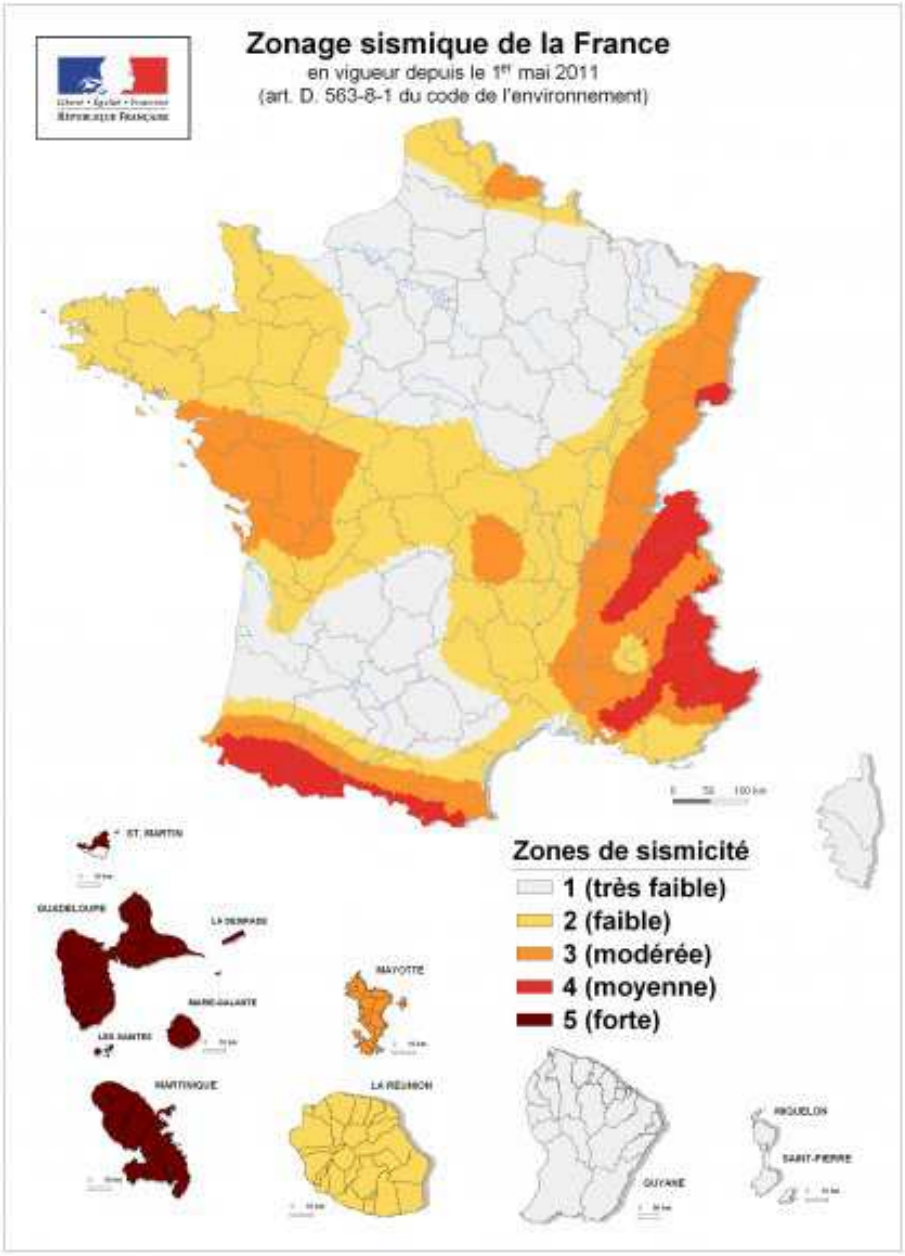


Figure 1: Zonage sismique réglementaire de la France.

Zone de sismicité	Catégorie d'importance d'ouvrages		
	II	III	IV
1	0,4	0,48	0,56
2	0,7	0,84	0,98
3	1,1	1,32	1,54
4	1,6	1,92	2,24
5	3,0	3,6	4,2

Tableau 1 : Accélération nominales d'ancrage (en m/s2) à prendre en compte selon la réglementation en vigueur en 2014 selon la catégorie d'importance de l'ouvrage (ORN) et la zone de sismicité.

2 Contexte physique

2.1 Contexte géographique

La zone d'étude se trouve au Nord-Nord-Ouest du département des Bouches-du-Rhône. Elle s'est développée au contact de deux grandes unités morphologiques dont la limite suit sensiblement le tracé de l'autoroute A7 :

- A l'Ouest l'extrémité orientale de la plaine de la Crau
- A l'Est les premiers reliefs liés à la chaîne des Costes

La plaine de la Crau: avec une altitude moyenne comprise entre 70 et 90 m, elle constitue une zone particulièrement plane qui occupe presque les deux tiers du territoire de la commune.
L'extrémité de la chaîne des Costes : on y rencontre deux types de relief:

- Au Nord un relief assez vif constitué par les calcaires et marno-calcaire Crétacé. On y observe des escarpements importants avec des dénivellations pouvant atteindre 100 m.
- Au Sud des reliefs peu marqués de collines et petits escarpements constitués par les molasses tertiaires.
- Au Sud, la plaine alluviale de la rivière *Touloubre* qui traverse les communes de GRANS et PELISSANNE d'Ouest en Est, caractérisée par une morphologie plus méandriforme sur la commune de GRANS. Les villages de GRANS et PELISSANNE sont situés le long de la rivière. Au Sud de GRANS, le paysage est marqué par de faibles reliefs formant de petits plateaux, localement des buttes témoin.

Le canal de Craponne traverse également la commune de PELISSANNE dans une direction globale Nord-Sud.

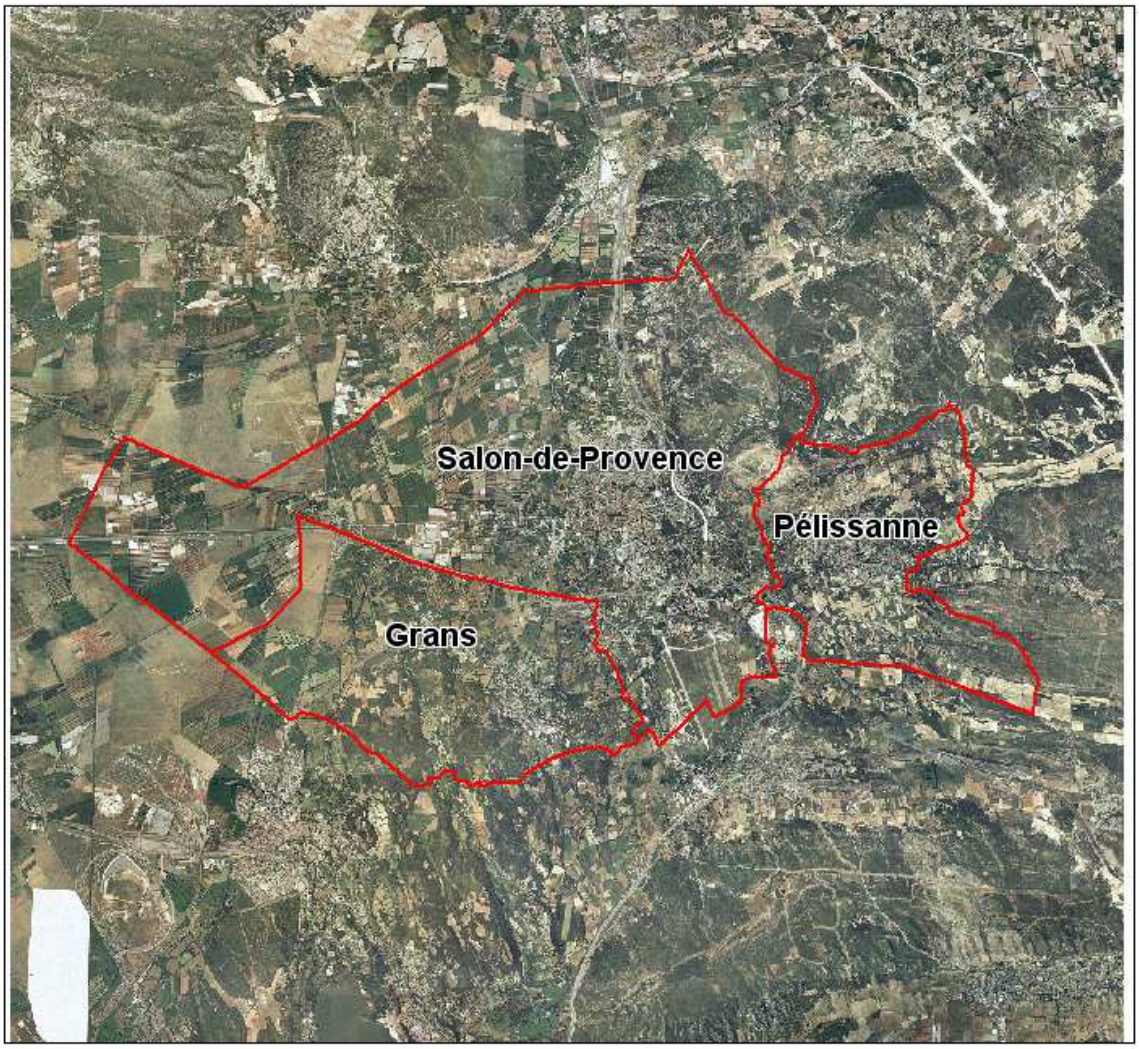


Figure 2 : Photo aérienne des communes de Salon, Grans et Pélissanne.

2.2 Contexte géologique

Les différentes formations sédimentaires qui affleurent sur la commune (ou dans ses environs), permettent de reconstituer l'histoire géologique de cette région de la Provence depuis le début de l'ère secondaire. Ses principales étapes sont les suivantes:

- à une sédimentation sous faible épaisseur d'eau au Trias (entre 230 et 195 MA[1]) fait suite une sédimentation essentiellement carbonatée franchement marine au jurassique et au Crétacé inférieur (entre 195 et 110 MA),
- à la fin du Crétacé inférieur, il y a 120 MA les mouvements prémonitoires à la formation de la chaîne pyrénéo-provençale entraînent la surrection et l'émersion d'une partie de la Provence, constituant ce que l'on appelle l'"isthme durancien" sur lequel, en conséquence d'une érosion subaérienne, se développe une surface karstique où seront piégées des bauxites,
- il y a 45 MA (Eocène supérieur) la formation de la chaîne pyrénéo-provençale s'exprime par la mise en place de grands chevauchements et localement de nappes,

[1] Millions d'Années

- l'Oligocène (-40 à -20 MA) est essentiellement caractérisé par une tectonique en distension avec une sédimentation détritique puis carbonatée,
- premiers mouvements alpins fin Oligocène,
- sédimentation marine épicontinentale au Miocène sur des bassins qui peuvent être indépendants des bassins Oligocène avec une phase terminale lacustre,
- mouvement alpin post Miocène, provoquant les chevauchements de la chaîne des Costes vers le Sud.

Un levé au 1/10000 réalisé en 1988 par le CETE méditerranée en collaboration avec le BRGM précise la géologie de la commune. Une mise à jour a été effectuée dans le cadre de la présente étude à partir des éléments disponibles. Les descriptions qui suivent se bornent à l'aspect lithologique des formations et à la localisation de leurs principaux affleurements.

La sédimentation marine Crétacé (lithologie n°1, figure 4)

Les formations rapportées à cette période affleurent sur les communes de SALON et PELISSANNE en formant :

- des reliefs vifs du Nord de la commune de SALON (Crétacé). Il s'agit essentiellement de calcaires compacts bioclastiques (faciès Urgonien du Barrémien), série chevauchante sur les calcaires Hauterivien où certains niveaux sont composés de calcaire argileux.

- des îlots au sein des alluvions dans la partie Sud de la commune PELISSANNE. Ils forment au Nord les reliefs du Roc de Caronte. Dans la partie Sud, leur pendage très variable montre que ces terrains sont affectés par de nombreux replis. Cette formation représente le substratum d'un bassin miocène particulièrement bien représenté au Nord de PELISSANNE. Ce substratum forme un repli anticlinal faillé au niveau du Roc de Caronte qui vient chevaucher vers le Sud le bassin miocène dont les sédiments sont fortement redressés au contact. Cette faille, qui souligne le chevauchement, porte le nom de faille des Costes. La base du bassin est probablement occupée par un conglomérat oligocène qui n'affleure pas au niveau de la commune, mais qui a été reconnu près du Château de La Barben à l'Est. Cette formation détritique, discordante sur les terrains crétacés a une épaisseur inconnue, probablement faible. Localement, des brèches burdigaliennes recouvrent vraisemblablement les conglomérats oligocènes. Elles forment des placages de faible épaisseur.

Les sédiments jurassiques-crétacés n'affleurent pas sur la Commune de Grans, mais peuvent être observés plus au Sud, près de Lançon.

La sédimentation marine Miocène (lithologies n°3,4,5, figure 4)

Ces sédiments affleurent au droit des trois communes.

A l'Ouest de SALON et au Nord de PELISSANNE on observe une importante série Miocène (Helvétien) constituée d'une alternance de marnes sableuses et de molasses calcaires. On y note deux unités bien distinctes:

- le Miocène tabulaire de Vernègues qui occupe toute la partie la plus à l'Ouest;
- le Miocène plissé de SALON, qui se développe jusqu'au lieu dit les "Manières" et borde au Sud la série précédente.

Le contact entre ces deux unités s'effectue le long d'une faille oblique. Il est possible de décrire la structure plissée et écaillée du Miocène de SALON.

Au pli anticlinal des Manières que l'on découvre au Nord de la tranchée du canal succède le synclinal de St-Norbert. Le flanc Nord de ce dernier pli est séparé par faille oblique de l'unité tabulaire du Val de Cuech. La position relative des molasses révèle un enfouissement (sous-charriage) du dispositif tectonique de Val de Cuech sous celui de St Norbert. L'exaltation du phénomène à l'Ouest (Semboules) se traduit par un froissement des couches et une individualisation d'écailles.

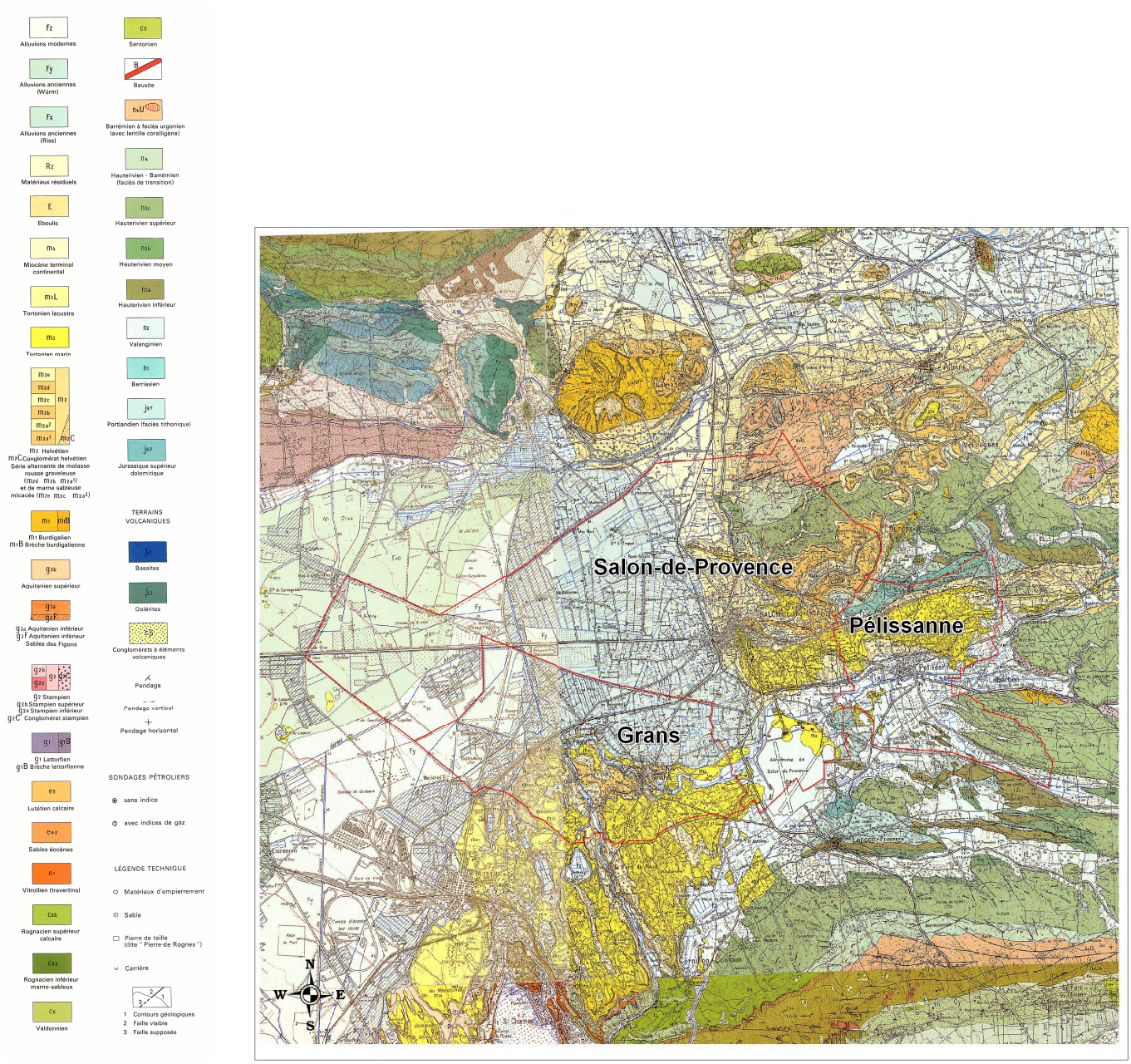


Figure 3 : Géologie des communes de Salon, Grans et Pélissanne

(extrait de la carte géologique au 1/50 000, éditions BRGM)

Les déformations tectoniques du Miocène de la région salonnaise sont en relation avec un déplacement vertical, suivi d'un mouvement de translation vers le Sud, du horst d'Aurons Vernègues.

La flexure située à la limite des deux secteurs, tabulaire et plissé, évoluant ultérieurement en faille, témoigne du déplacement de bas en haut des formations crétacées. Le plissement du Miocène, accompagné d'un écaillage des flancs de plis, traduit de son côté une poussée vers le SSW ne pouvant avoir pour origine qu'un déplacement du horst dans cette direction. La preuve d'un tel déplacement nous est fournie par la position chevauchante du Jurassique et du Crétacé de Caronte sur le Miocène de Pélissanne. Ces mouvements tectoniques datent de la fin du Miocène.

Sur la Commune de GRANS, au Sud, la série, subhorizontale, d'une épaisseur moyenne de 30m, forme de petits plateaux. Elle est surmontée par la molasse tortonienne.

L'effondrement de la Crau est contemporain de ces mouvements. Cependant, l'évolution du réseau hydrographique de la Durance, au nord de SALON, montre un nouveau rejet des failles de la bordure Ouest à la fin du Pliocène (d'après C. Gouvemet).
L'unité plissée de SALON est surmontée par la molasse Tortonienne qui peut localement être discordante sur le Crétacé: (Aérodrome de SALON), son épaisseur est de 40 m environ.

Les dépôts quaternaires (lithologies n°2,6,7 et 8, figure 4)

Alluvions anciennes, Fy :
La quasi totalité de ces dépôts est constituée par les alluvions quaternaires de la Crau composées essentiellement de galets à liant limoneux. Suite à l'affaissement du seuil de Lamanon, la Durance abandonne son lit d'Eyguières. Sollicitée par une mer en régression, elle emprunte le sillon effondré et répand ses cailloutis dans la nouvelle dépression.
Cet affaissement semble s'être poursuivit tardivement créant des accidents nord-sud depuis le seuil de Lamanon. Les cailloutis de la Crau ont été déposés au Wurm, mais une partie du matériel détritique qui les constitue appartient à une terrasse rissienne remaniée. L'épaisseur de cette formation décroît globalement d'Ouest en Est. Ainsi, au Sud Ouest de Salon la puissance des cailloutis n'excède pas 3 à 5 m alors que l'épaisseur moyenne peut atteindre 20 à 30 m. La présence d'accidents Nord-Sud a pu également induire localement des surépaisseurs de cailloutis par affaissement d'un compartiment du substratum (13 m de cailloutis au niveau de la Gare de Salon).
Dans l'ancien lit de la Durance, l'épaisseur des dépôts augmente pour atteindre localement 150 m. Sous les cailloutis on trouve alors des niveaux de graviers surmontant des dépôts silteux. Les données de sondages, les coupes géologiques interprétées et les profils géophysiques effectués dans la plaine de la Crau mettent en évidence un niveau continu de poudingue très induré de 2 mètres d'épaisseur vers 1 à 3 mètres de profondeur. Dans cette formation, la vitesse de propagation des ondes P serait de l'ordre de 1200 m/s.

Eboulis, E:
Des éboulis et éluvions divers se sont déposés en pied des anciens reliefs soit sur les calcaires et molasses, soit pour partie sur les dépôts Wurmiens. Ils forment une bande qui limite les reliefs calcaires et molassiques. On y distingue deux compartiments séparés par un petit relief de molasse (LE TOURET). Au Nord mis à part une frange en pied des reliefs, l'épaisseur de ces dépôts atteints 10 à 20 m. Au Sud de ce relief les épaisseurs sont beaucoup plus faibles et n'excèdent pas 3 à 5 m.

Des matériaux résiduels (Rz) sont également représentés à l'affleurement sur la commune de SALON ; Il s'agit d'une formation provenant d'une accumulation sur place d'éléments résiduels d'anciennes terrasses mêlés à des éluvions (dégradation du substratum des anciens épandages alluviaux) et à des apports colluviaux auxquels s'ajoutent les limons d'irrigation.

Alluvions modernes, Fz :
On inclura également dans les dépôts quaternaires les alluvions de la Touloubre. Leur épaisseur connue est toujours inférieure à 10 m.

La Figure 4 présente la carte géologique mise à jour pour la présente étude.

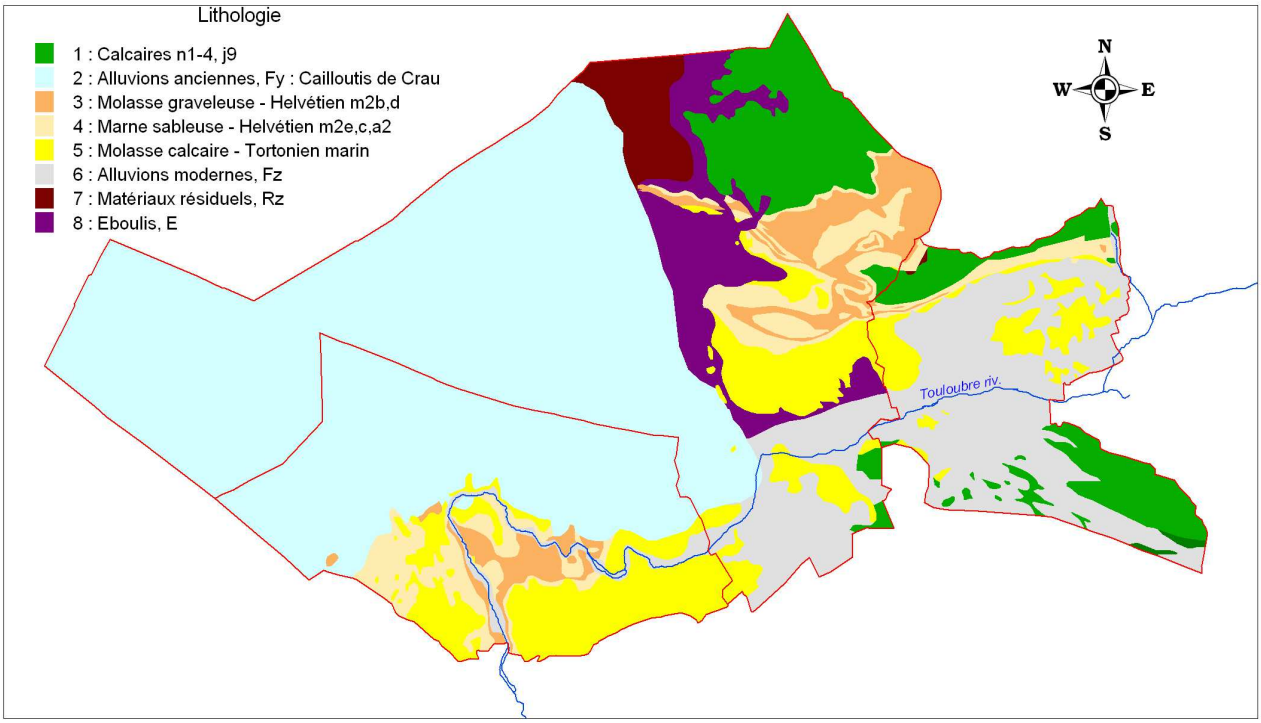


Figure 4 : Géologie détaillée des communes de Salon, Grans et Pélissanne, levé au 1/10 000. Trait rouge : limite des communes

2.3 Contexte géotechnique

Les études de 2005 ont permis d'obtenir près de 150 sondages sur les communes de Salon, Grans et Pélissanne à partir de la BSS (banque de données du sous-sol, http://infoterre.brgfm.fr) et des archives de la DTER Méditerranée. Cependant, la plupart de ces sondages ne comportent pas d'essai géotechnique. Ils nous permettent toutefois de connaître la nature et l'épaisseur des niveaux quaternaires.

Une nouvelle recherche n'a pas permis de trouver des sondages pertinents pour l'étude plus récents. Cependant certaines caractéristiques mécaniques ont pu être trouvées dans certains sondages analysés. Ces paramètres entrent dans la description des colonnes de sol et permettent de contraindre la modélisation numérique de la réponse des sites. Elles sont rappelées ici.

Limons argileux	E compris entre 2 et 15 MPa Pl compris entre 0,3 et 0,6 MPa
Molasse miocène	E compris entre 100 et 150 MPa Pl > 3,5 MPa
Cailloutis	E > 20 MPa Pl > 2,5 MPa

E: module pressiométrique Pl: Pression limite Q facteur de qualité

De plus, pour réaliser la carte de microzonage sismique des effets de site, les caractéristiques mécaniques retenues pour les différentes formations ont été évaluées par analogie avec des terrains équivalents connus dans la région. Les données géotechniques nécessaires au microzonage sismique sont résumées dans le tableau suivant:

NATURE	**MASSE VOLUMIQUE** **g/cm3**	**VITESSE DES ONDES - S** **km/s**	**FACTEUR DE QUALITE** **Q**
Alluvions et Cailloutis récents (Fz, Rz)	1,8	0,1 -0,3	30
Alluvions anciennes et Ebouli (E,Fy)	2,0	0,5 -0,8	50
Molasses calcaires et Molasses graveleuses (m3-m1, m2d-m2b)	2,0	1,2	70
Molasses et Marnes sableuses (m2c. m2a2 - m2e)	2,0	0,8	40
Calcaires (n1-4, j9)	2,4	2,5	100

Tableau 2 : Caractéristiques géotechniques moyennes retenues pour les principales formations lithologiques

Les vitesses de propagation des ondes S ont été estimées dans les PER de 1988 à partir de valeur standard. Ces caractéristiques permettent une première évaluation de la qualité géomécanique des matériaux. Ainsi, selon les normes EC8, un rocher est caractérisé par une vitesse de propagation de sondes S supérieure à 800 m/s.

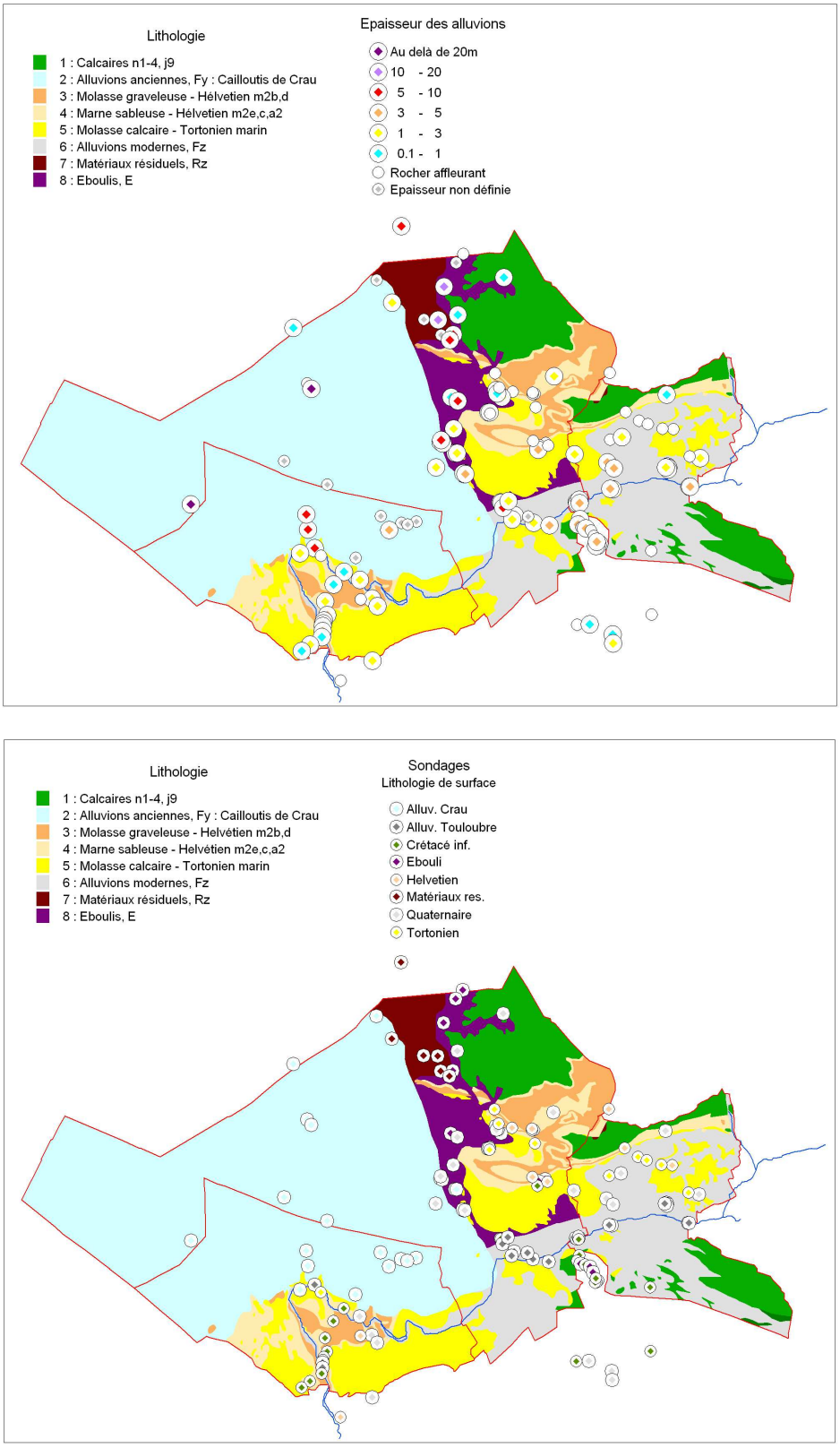


Figure 5 : Sondages géotechniques analysés

2.4 Contexte hydrogéologique

Le réservoir aquifère de la Crau s'étend sur environ 50000 ha. Il est constitué de cailloutis grossiers déposés par l'ancienne Durance lorsqu'elle passait par le seuil d'Eyguieres au Villafranchien (Crau d'Arles verdoyante) ou par le seuil de Lamanon au quaternaire récent (Crau de Miramas).
Le substratum des cailloutis le plus souvent gréso-marneux a un modelé très irrégulier, il affleure même en certains points. En fonction de ce modelé, l'épaisseur des cailloutis varie entre 0 et 50 m (Sillon de Richebois). Ils sont recouverts d'une couche de limons qui constituent une richesse pour les agriculteurs.
La perméabilité est élevée et la transmissivité, très variable en fonction de l'épaisseur de l'aquifère, atteint 0,5 m2/s dans le sillon qui longe la bordure Est. Lorsque la nappe est libre ce qui est le cas le plus général, les coefficients d'emmagasinement s'étagent de 1.10-2 à 6,5.10-2.
Le débit moyen de la nappe d'après diverses estimations serait compris entre 5 et 7,5 m^3/s à l'aval près des exutoires.
L'alimentation de la nappe provient pour les 3/4 de l'infiltration des excès d'irrigation. Leur suppression ou la modification technique d'arrosage provoqueraient une baisse généralisée et même son tarissement.
La nappe s'écoule du col de Lamanon en direction d'un réseau de drainage établi en bordure du Rhône et de la mer. Dans la zone considérée la nappe s'établit au NE à la côte + 90 et au SW côte + 65.

La molasse tortonienne, ainsi que le sommet de l'Helvétien sont situés au-dessus du niveau de base hydrogéologique imposé par la Touloubre et ne sont donc pas aquifères.
Les terrains de l'Helvétien ont des caractéristiques hydrodynamiques variables tant verticalement que latéralement, les variations de faciès étant importantes. Dans les terrains les plus aquifères, (molasses, quelques niveaux sableux), la perméabilité est cependant relativement faible, juste suffisante pour l'alimentation individuelle.
Les calcaires crétacés et jurassiques doivent être le lieu de circulations profondes dans un karst développé. Les caractéristiques de ce système karstique sont peu connues (peu de forages ayant exploré ces niveaux).

3 Évaluation de l'aléa régional

3.1 Approche réglementaire

La zone d'étude est classée en zone de sismicité moyenne selon le décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010 (Figure 6). Par conséquence, l'accélération maximale de référence au niveau d'un sol rocheux de la classe A au sens de la norme NF EN 1998-1 (Eurocodes 8), dénommée a_{gr}, est égale à 1,6 m/s^2 dans cette zone. Le spectre de réponse élastique à 5% d'amortissement associé est présenté sur la figure Figure 7. Ce spectre de réponse élastique représente l'aléa régional à prendre en compte pour un bâtiment (ORN) de catégorie d'importance II selon la classification précisée dans la réglementation parasismique.

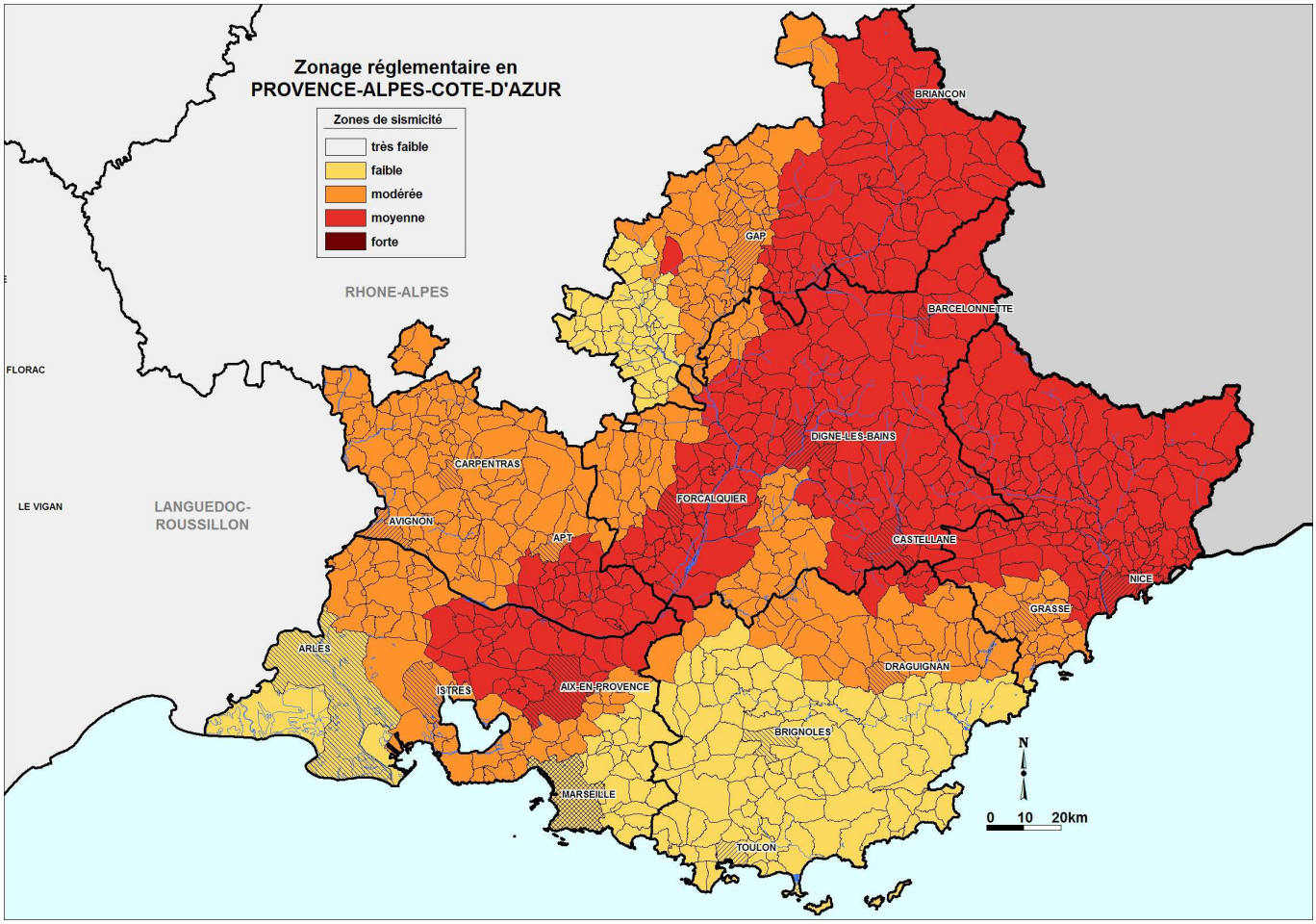


Figure 6 : Zonage réglementaire en vigueur en 2014 en région PACA

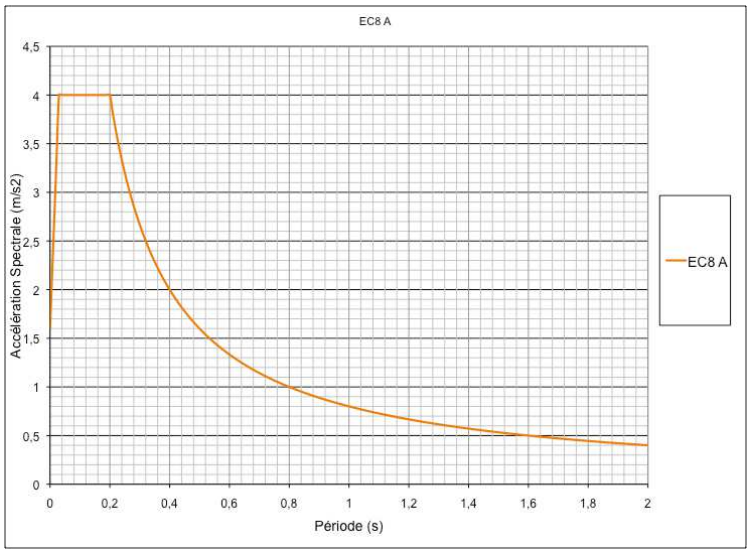


Figure 7 : Spectre de réponse élastique réglementaire pour les sols rocheux de classe A selon la norme NF EN 1998-1 pour Salon, Grans et Pélissanne (5% d'amortissement)

Le zonage sismique en vigueur actuellement dérive d'une étude probabiliste menée par un groupement de scientifiques et dirigée par GEOTER (GEOTER, 2002). Cette étude est basée sur une analyse de la sismicité historique et instrumentale combinée à une étude sismotectonique intégrant les aspects géologiques, géodynamiques et tectoniques.

3.2 Séismes historiquement ressentis sur la zone d'étude

L'étude de la sismicité historique en France s'appuie sur le fichier SISFRANCE. Cette liste rassemble toutes les données macro sismiques disponibles relatives pour près de 5 000 évènements recensés depuis le Moyen-Age. Ce fichier comporte également les données relatives aux séismes d'origine étrangère ressentis en France.
Pour chaque séisme, sont précisées:

- l'origine: proche (P) ou lointaine (L) ; sont considérés comme proche, les séismes dont l'épicentre est distant de moins de 30 km du site,
- la date et l'heure,
- la relation éventuelle du séisme avec d'autres évènements: précurseurs ou répliques,
- la localisation de l'épicentre: coordonnées en longitude et latitude (degrés sexagésimaux) précédées d'un code (A à E) exprimant la fiabilité de la localisation,
- l'intensité épicentrale (échelle MSK) précédée d'un code (A à C, ou I) traduisant la fiabilité de cette évaluation (Tableau 3),
- l'intensité connue ou vraisemblable sur la commune, ainsi que celle atteinte en diverses localités proches.

Type de secousse) : choc principal ; R : réplique ; Z : série de secousses non différenciées CARACTERISTIQUES MACROSISMIQUES Io : intensité épicentrale, échelle MSK IMAX : intensité ponctuelle maximale observée NOBS : nombre d'observations N. SOURCES : nombre de références bibliographiques QI : code de qualité de la valeur de l'intensité épicentrale A : sûre, distribution serrée et valeur précise des intensités ponctuelles maximales B : assez sûre, distribution moins serrée et valeur précise des intensités ponctuelles maximales C : incertaine, distribution éparse et valeur peu précise des intensités ponctuelles K : assez sûre, issue d'un calcul fondé sur une loi d'atténuation (Sponheuer) E : arbitraire, compte tenu de la faible quantité et de l'éloignement des intensités ponctuelles QPOS : code de qualité de la localisation de l'épicentres A : (quelques km) - précise dans une aire d'intensité maximale bien circonscrite par une isoséiste B : (autour de 10 km) - assez sûre dans une aire d'intensité maximale relativement bien circonscrite par une isoséiste C : (entre 10 et 20 km) - imprécise dans une aire d'intensité maximale insuffisamment délimitée par une isoséiste D : (de quelques km à 50 km) - fortement supposée dans une aire d'intensité macrosismique non limitée par une isoséiste E : (supérieure à 50 km) - arbitraire, compte tenu de la grande dispersion des observations ponctuelles

Tableau 3 : Légendes du fichier SISFRANCE

Les séismes de la base de données, pour lesquels l'intensité épicentrale n'est pas disponible, n'ont pas été considérés dans cette étude car ils sont trop mal connus.

A partir du fichier SISFRANCE, la distance entre chaque épicentre et le centre de Salon-de-Provence, pris comme référence, a été calculée. Le Tableau 4 présente les caractéristiques des séismes ayant provoqué les plus fortes secousses sur la zone d'étude. Ce tri dans la sismicité est expliqué dans les paragraphes suivants par l'application de lois empiriques d'atténuation du signal sismique avec la distance.

Les analyses réalisées à partir du fichier SISFRANCE montrent que l'intensité maximale observée sur Salon de Provence est consécutive au tremblement de terre provençal du 11 juin 1909, dont l'origine se situe à proximité de LAMBESC et qui atteignit l'intensité IX à LAMBESC causant de sérieux dommages.

Indépendamment des répliques de ce séisme destructeur dont certaines ont été ressenties assez fortement (septembre-octobre 1909, novembre 1910), des évènements d'origine plus lointaine comme ceux du 23.12.1887, 13.02.1509, 14.08.1708, 15.06.1731 ou d'origine proche tel celui du 14.11.1887 ou supposée proche tel ceux du 1.02.1622 et du 03.07.1756 ont vraisemblablement été fortement ressentis sur la commune avec une intensité supérieure ou égale à V.

Les séismes d'origine lointaine se concentrent dans 3 ensembles principaux :

- Moyenne Durance (séisme de 1509, 1708, 1913)
- Alpes et côte ligure (séismes de 1854, 1866, 1884, février 1887)
- Vallée du Rhône (séisme de 1873).

Les séismes proches sont à rapporter à 3 secteurs:

- chaînons des Costes et de la Trévaresse (séismes de 1783, 1909 et répliques)
- région de Cavaillon (séismes de 1731, 1763, 1863, novembre 1887),
- environs immédiats de SALON (séismes de 1934).

N° CETE	Jour	Mois	Année	Localisation	Longitude	Latitude	Q POS	Io	QI	IMAX	Nb OBS	Nombre de sources	Distance au point de référence (km)	Magnitude estimée (H'Faiedh)
1	1	11	1910	ENVIRONS DE SALON-DE-PROVENCE	5°06'	43°39'	D	V	B	V	3	1	1	3,8
2	11	6	1909	TREVARESSE (LAMBESC)	5°19'	43°39'	A	VIII-IX	A	IX	351	65	18	5,9
3	25	3	1783	ENVIRONS DE MALLEMORT	5°11'	43°44'	D	VI	C	VI	3	1	12	4,4
4	22	9	1909	TREVARESSE (LAMBESC)	5°18'	43°39'	B	VI-VII	B	VI-VII	5	1	16	4,7
5	22	5	1910	TREVARESSE (LAMBESC)	5°16'	43°39'	D	VI	B	VI	7	6	13	4,4
6	10	7	1909	TREVARESSE (LAMBESC)	5°19'	43°38'	D	VI	C	VI	13	3	17	4,4
7	15	6	1731	ENVIRONS DE CAVAILLON	5°02'	43°50'	D	VI-VII	B	VI-VII	5	4	22	4,7
8	14	11	1887	ENVIRONS DE CAVAILLON	5°02'	43°50'	A	VI-VII	A	VI-VII	29	6	22	4,7
9	12	7	1763	ENVIRONS DE MAUBEC-CAVAILLON	5°13'	43°50'	D	VI-VII	B	VI-VII	13	13	23	4,7
10	14	8	1708	VALLEE DE DURANCE (MANOSQUE)	5°46'	43°49'	C	VIII	B	VIII	18	32	57	5,6
11	13	12	1509	VALLEE DE DURANCE (MANOSQUE)	5°47'	43°50'	D	VIII	C	VIII	2	9	59	5,6

Tableau 4: Informations SISFRANCE sur les séismes étudiés, la magnitude est estimée à partir de la formule de H'Faiedh (1983) : M=0.6Io+0.78.

3.3 Connaissances nouvelles

Depuis l'étude de GEOTER ayant produit le zonage sismique de la France, un certain nombre d'études ont été menées sur des failles au voisinage de Salon, Grans, Pélissane. On peut citer :

- L'identification et hiérarchisation des failles actives de la Région Provence - Alpes - Côte d'Azur (BRGM 2002-2006).

- Les travaux du CEREGE sur la faille de la Trévaresse (2003-2005) ont précisé l'activité de la faille et ont confirmé l'attachement du séisme de Lambesc (1909) à celle-ci.

- L'étude de la faille de Salon-Cavaillon (BRGM, 2008) a permis de mieux connaître ce système, sa géométrie et sa segmentation. L'étude a ainsi mis en évidence deux segments de faille de longueur comprise entre 20 km et 31 km, pouvant potentiellement produire au maximum un séisme de magnitude proche de 6.6. Si le segment Ouest est visible à l'affleurement, le segment Est est beaucoup plus incertain. Aucun mouvement récent (i.e : au Quaternaire, moins de 1,75 Million d'années) n'a pu cependant être mis en évidence sur ce système de failles. Les périodes de récurrence associées aux séismes majeurs pouvant être produits par la faille de Salon-Cavaillon semblent de ce fait très grande. De ce fait, ces évènements ne contribuent pas à l'aléa sismique de la zone pour les bâtiments courants.

Ces études ne remettent pas en cause le zonage sismique national. De ce fait, **le spectre de réponse élastique donné par la réglementation parasismique en vigueur en 2014 est pris en compte. Il est applicable dans les zones où le rocher affleurant est de très bonne qualité mécanique. Son accélération maximale (PGA) est de 1,6 m/s^2.**

Par ailleurs, au vu des connaissances actuelles, aucun rejet de faille en surface n'est attendu dans la zone d'étude pour les périodes de retour intéressant les bâtiments ORN (ouvrages à risque normal).

3.4 Accélérogrammes de référence

Pour simuler la réponse des sites, il est nécessaire de recourir à des enregistrements de séismes au rocher qui respectent la sismicité de la zone étudiée. Pour cela, une recherche d'accélérogrammes réels a été effectuée dans la base de donnée européenne des mouvements forts (Ambraseys *et al*., 2000). Cette base de donnée est constituée de plus de 450 enregistrements accélérométriques effectués dans la zone euro-méditerranéenne, dans un contexte sismotectonique assimilable à celui de la région d'étude. La sélection s'est portée sur des enregistrements au rocher de séismes dont les paramètres de PGA, Magnitude et distance épicentrale sont compatibles avec la sismicité de la zone d'étude. Quatre accélérogrammes ont été ainsi sélectionnés (Tableau 5).

ID	Séisme	Date	Temps	Latitude épicentre	Longitude épicentre	Ms	Intensité épicentrale	Station	Dist. km	Comp.	PGA m/s²
365	Lazio Abruzzo	07/05/1984	17:49:42	41.666	13.82	5.79	VII+	Atina	5	NS	1.08
665	Umbria Marche	26/09/1997	09:40:30	43.031	12.862	5.9	VIII+	Assisi-Stallone	21	NS	1.64
242	Valnerina	19/09/1979	21:35:37	42.76	13.02	5.84	incon.	Cascia	5	NS	1.99
6335	Icelande	21/06/2000	00:51:48	63.97	-20.71	6.6	incon.	Selfoss-City Hall	15	EW	0.661

Tableau 5 : Accélérogrammes sélectionnés

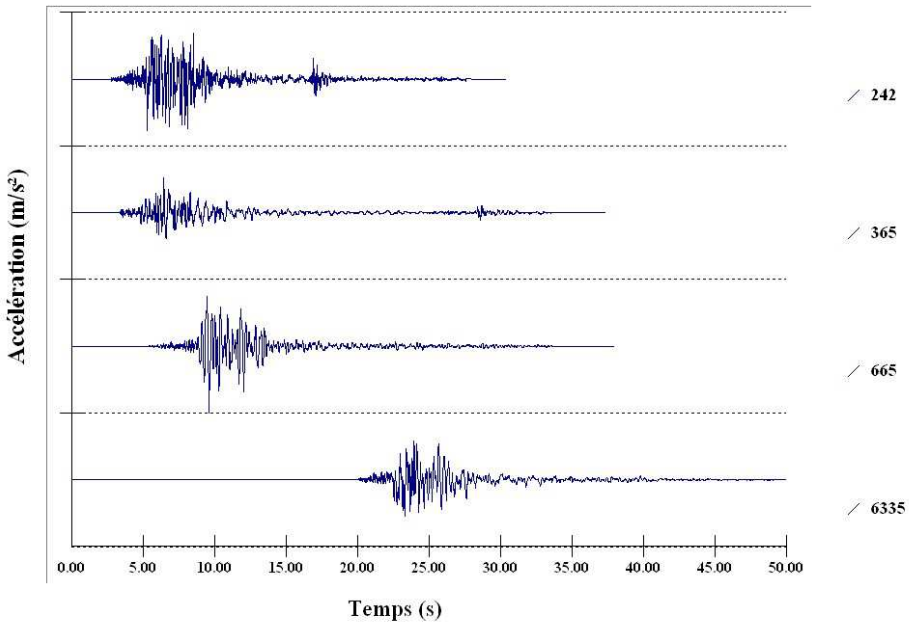


Figure 8 : Enregistrements accélérométriques réels sélectionnés

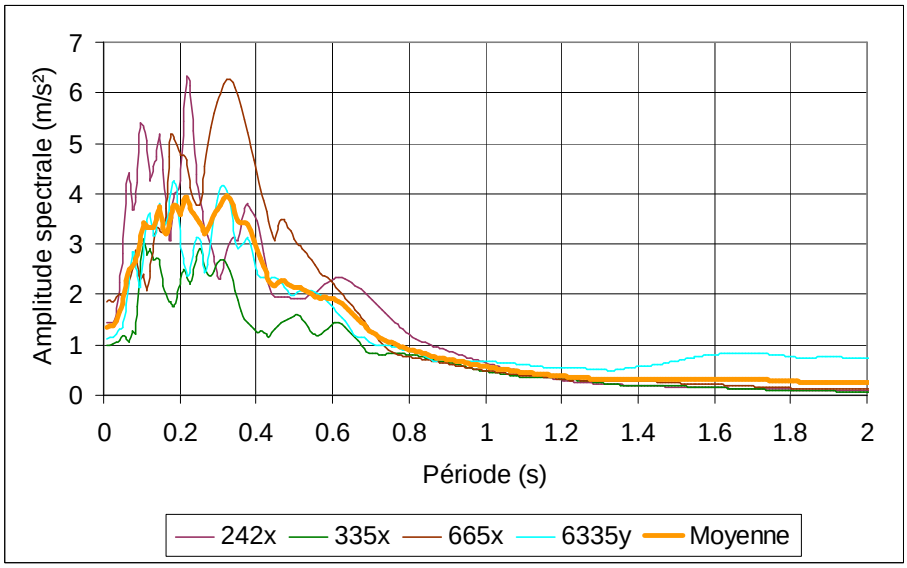


Figure 9 : Spectres de réponse élastique horizontal des accélérogrammes réels (5% d'amortissement)

4 Évaluation de l'aléa local (Microzonage)

4.1 Les effets de site lithologiques

Les effets de site sont des phénomènes physiques qui préoccupent de plus en plus les responsables de la gestion para-sismique. L'observation post-sismique a montré en effet que les conditions de sols en sub-surface (dans les 100 premiers mètres de la croûte terrestre en général) pouvaient augmenter l'agressivité d'un séisme.
Dans le cas le plus courant, des effets de site se manifestent sur un remplissage sédimentaire ou anthropique, meuble, surmontant un substratum rigide. Les ondes sismiques peuvent être piégées dans la couche meuble.

Cela conduit à un véritable phénomène de résonance et à une amplification du signal en surface. Cette amplification se fera principalement à une fréquence fondamentale, f_0, liée aux caractéristiques de la couverture sédimentaire.

L'évaluation de l'aléa sismique local a pour principal objectif la définition des zones qui présentent une réponse sismique particulière par rapport aux sites purement rocheux. La méthode utilisée ici se base sur une approche en trois phases :

- Approche expérimentale : calcul des rapports spectraux H/V sur les enregistrements de bruit de fond sismique;
- Approche numérique : modélisation linéaire équivalente de réponse de site, par le logiciel Cyberquake© du BRGM en utilisant en entrée les mouvements sismiques correspondant à un site rocheux;
- Calcul des coefficients d'amplification des spectres de réponse élastique : une courbe d'amplification est calculée puis appliquée au spectre de réponse élastique au rocher afin de définir le spectre de réponse spécifique pour chaque zone du microzonage.

4.1.1 Approche réglementaire

La réglementation EC8 (norme NF EN 1998-1), définit pour prendre en compte la composante locale de l'aléa sismique, quatre formes standard de spectre de réponse élastique (A, B, C, D et E). L'attribution de ces spectres à un site dépend de la nature du sous-sol (propriétés mécaniques des sols).

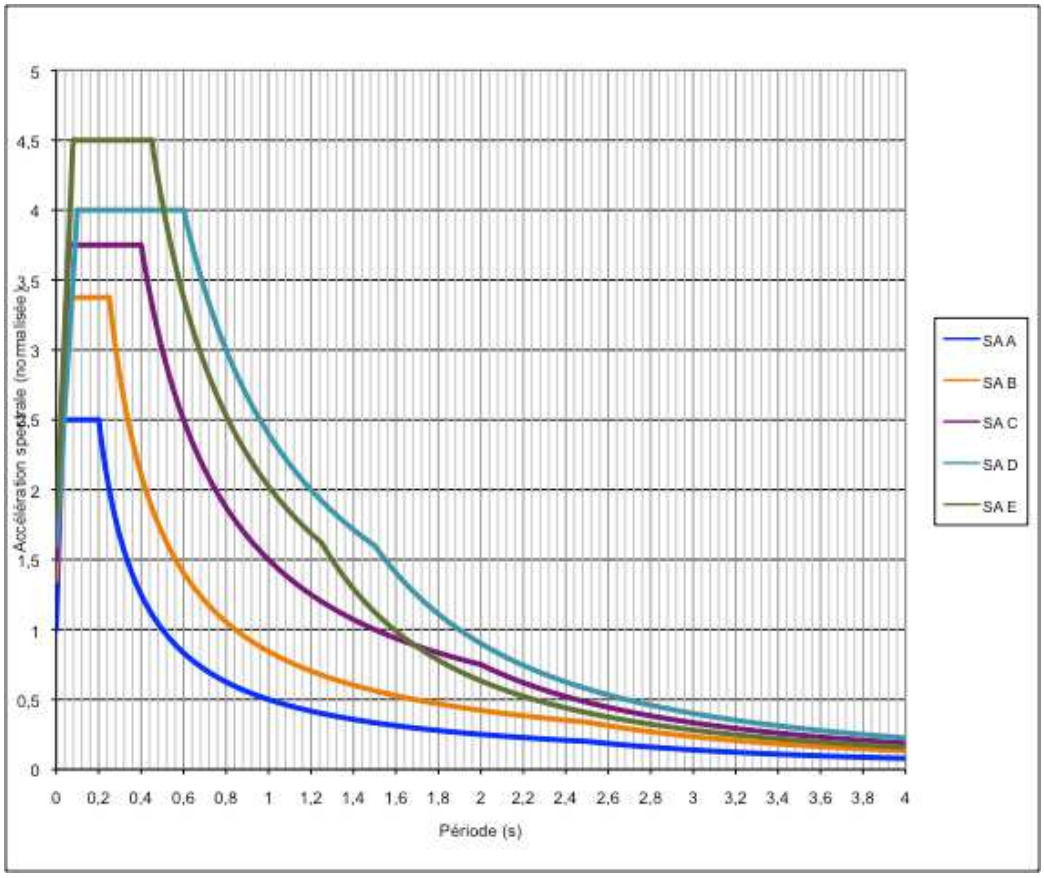


Figure 10 : Spectres de réponse élastique normalisés réglementaires, norme EC8 (NF EN 1998-1)

Pour la zone d'étude, les propriétés mécaniques des sols rappelés dans le Tableau 2 nous permettent d'associer un spectre à chaque type de sol. Un microzonage spécifique est toutefois déterminé afin de mieux prendre en compte les effets de site locaux.

NATURE	VITESSE DES ONDES - S km/s	EPAISSEUR des terrains sédimentaires	SPECTRE DE REPONSE EC8
Alluvions et Cailloutis récents (Fz, Rz)	0,1 -0,3	< 10 m	E
Alluvions et Cailloutis récents (Fz, Rz)	0,1 -0,3	> 10 m	C
Alluvions anciennes Cailloutis de Crau (Fy)	0,5 -0,8	> 15 m	B
Eboulis (E)	0,5 -0,8	< 15 m	A
Molasses calcaires et Molasses gréseuses (m1-m3, m2d-m2b)	1,2		A
Molasses et Marnes sableuses (m2c. m2a2 - m2e)	0,8		A
Calcaires (n1-4, j9)	2,5		A

Tableau 6 : Détermination de la classe de sol selon la norme NF EN 1998-1

4.1.2 Enregistrement de bruit de fond

Les bases de la méthode « H/V bruit de fond » ont été établies dès les années 1950 au Japon (voir Aki, 1957 et Aki, 1993). Cette méthode est aujourd'hui de plus en plus utilisée pour

identifier les sites présentant des risques d'amplification sismique afin de déterminer les fréquences de résonance. Sur le plan de l'expérimentation, la méthode consiste à poser un capteur de vibration tri-directionnel sur le sol à étudier. Le bruit ambiant est alors enregistré par une station d'acquisition sismologique durant quelques minutes.

Le traitement des trois traces sismiques (vertical, nord-sud et est-ouest) obtenues par enregistrement est le suivant :

1- Pour chaque enregistrement on recherche d'abord des fenêtres de signal dans lesquelles le signal est le plus stable (stationnaire) possible. Un traitement spectral est alors appliqué sur ces fenêtres;
2- **H** représente l'amplitude spectrale lissée des composantes horizontales du bruit de fond sismique, obtenue par combinaison de l'amplitude spectrale des deux voies nord-sud et est-ouest;
3- **V** représente l'amplitude spectrale lissée de la voie verticale du même enregistrement;
4- Le rapport entre ces deux amplitudes spectrales est effectué sur plusieurs fenêtres de temps et le rapport moyen est donné en résultat.

La courbe résultante du traitement présente un pic à une fréquence **Fo** (et une amplitude **Ao**) correspondant à la fréquence de résonance du site, s'il existe un effet de site au point de mesure. En effet, les sites sur lesquels des phénomènes d'amplification sont attendus montrent des courbes H/V bruit de fond avec des pics, alors que les mêmes courbes sont généralement plates sur des sites rocheux.

4.1.2.1 Matériel utilisé

Les enregistrements ont été effectués avec un enregistreur sismologique autonome et un capteur Lennartz.

Géophone

Le capteur utilisé est un sismomètre 3 composantes Lennartz LE3D. Les trois géophones (Vertical, transversal, longitudinal) ont une fréquence propre de 0,2 Hertz (5 secondes). Leur transduction est de 400 microvolts/micromètre/seconde.

Station d'acquisition

La station d'acquisition est du type Marslite (fabricant : Lennartz). Elle comprend un amplificateur, un numériseur, un système horaire et un système de stockage de l'information. Cette station de 3 kilogrammes peut enregistrer un signal en continu selon trois composantes avec une fréquence d'acquisition pouvant aller jusqu'à 250 Hertz. Différents gains peuvent être mis en œuvre. Les données sont stockées sur des disques magnéto-optiques de 230 Mo.



Figure 11 : Chaîne d'acquisition : numériseur Marslite et capteur vélocimétrique LE3D

4.1.2.2 Mise en oeuvre

La campagne d'enregistrement de bruit de fond sur la zone d'étude a été réalisée fin Avril – début Mai 2005. 37 points de mesure ont été faits à travers la commune de Salon de Provence, 12 points sur Pélissanne et 22 points sur Grans. La couverture de la région a été modulée selon les zones géologiques : moins dense sur la plaine de la Crau (supposée relativement homogène), plus dense sur les zones plus urbanisées et où les terrains présentent des lithologies bien distinctes.



Figure 12 : Exemple de mesures de bruit de fond sismique

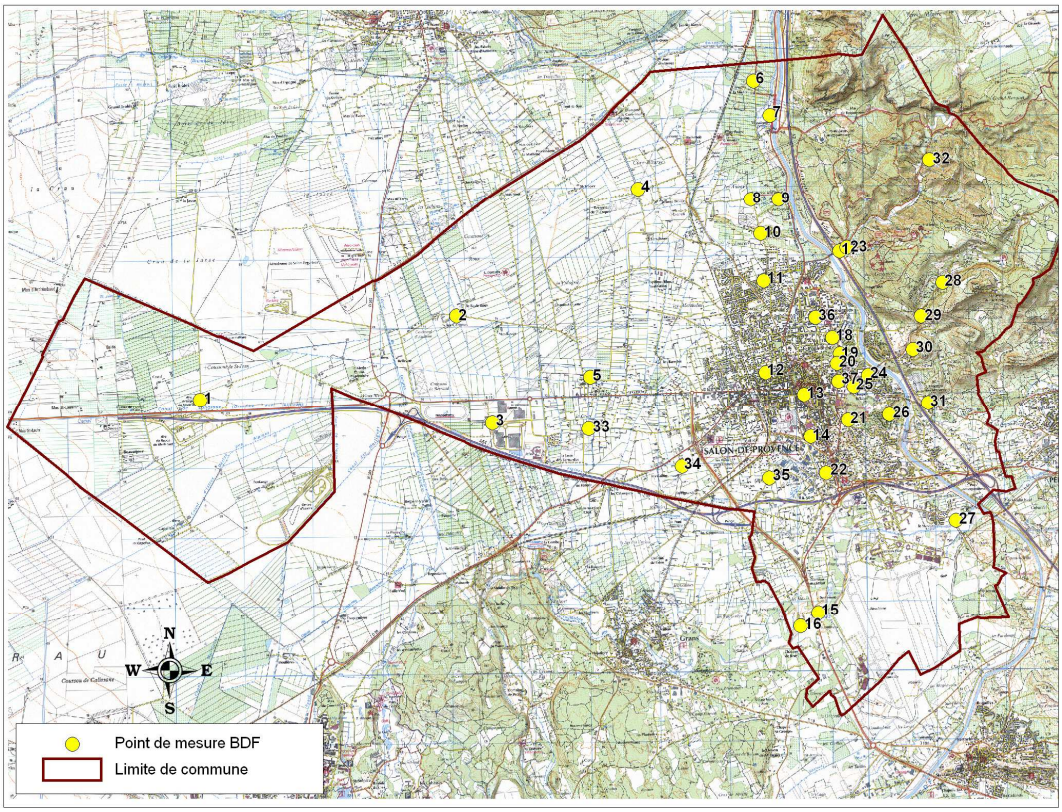


Figure 13 : Repérage des points de mesure de bruit de fond sismique sur la commune de Salon.

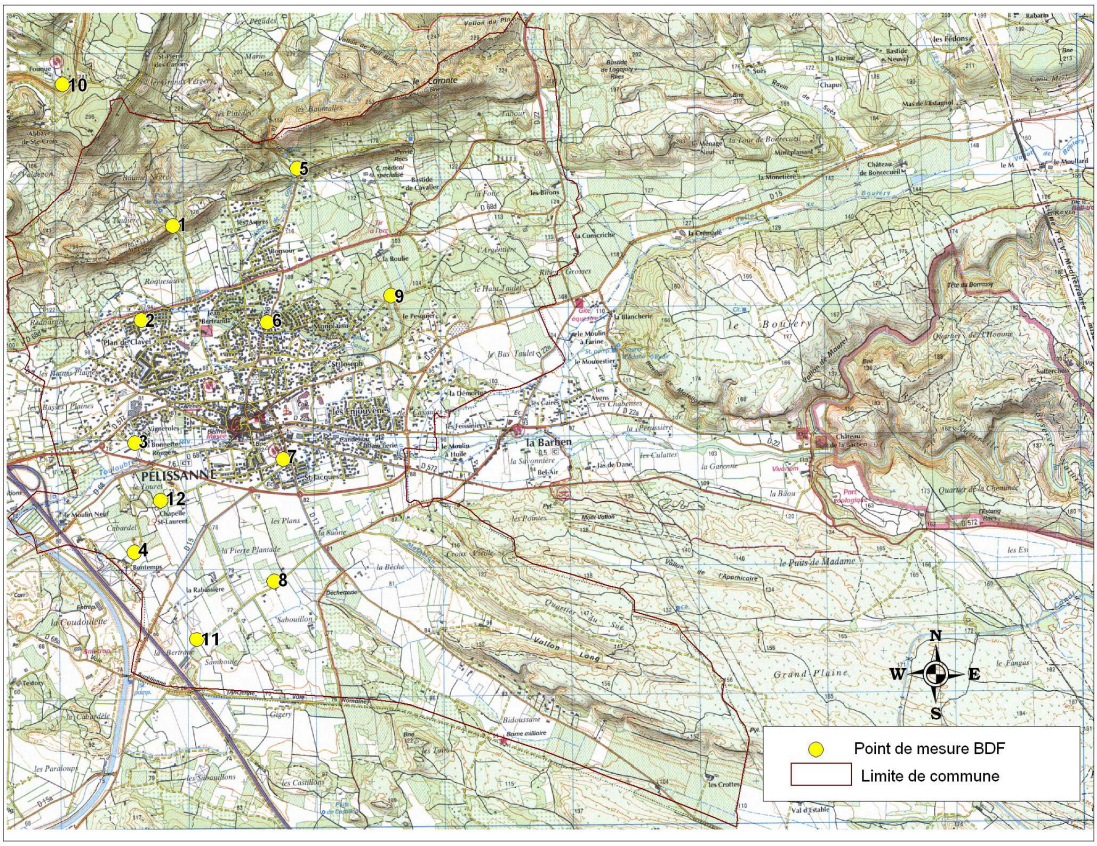


Figure 14 : Repérage des points de mesure de bruit de fond sismique sur la commune de Pélissanne

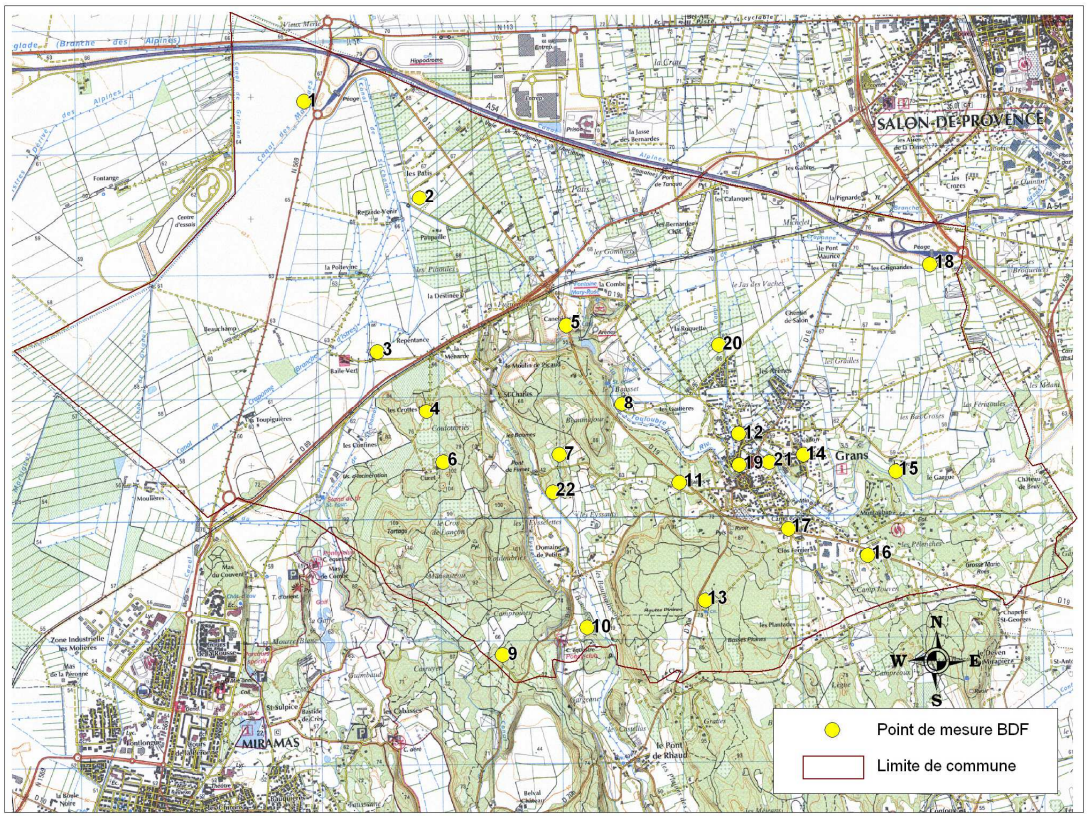


Figure 15 : Repérage des points de mesure de bruit de fond sismique sur la commune de Grans.

4.1.2.3 Résultats et définition des zones

Pour 25 points situés sur la commune de Salon de Provence, les courbes H/V sont relativement plates et leur amplitude est inférieure à 3 sur l'ensemble de l'intervalle de fréquence pouvant intéresser le génie parasismique (0,3-20 Hz). Il s'agit essentiellement de mesures effectuées dans le bassin de la Crau, à l'ouest du centre ville, ainsi que sur les reliefs rocheux de l'Est de la commune.
Pour 7 points, les courbes H/V ont un pic sous 2 Hz. Ces points sont situés à l'Est de Salon, sur les éboulis et les molasses affleurantes du Tortonien.
Les mesures effectuées aux points 9 et 32, au droit ou à proximité des calcaires massifs du Crétacé, ont donné des courbes H/V avec un pic bien marqué vers les hautes fréquences (19 Hz). Ce pic est certainement lié à une fine couche (épaisseur inférieure à 2 m) très ponctuelle de matériaux colluvionnaires ou d'érosion de surface.
Pour les points 8, 15 et 23, les courbes H/V ont un pic bien exprimé entre 4 et 11 Hz reflétant des conditions de sols variés.

Points	Position		fo	Ao
N°	X_L2	Y_L2	Hz	
1	814255.35	1852486.54		
2	818094.05	1853718.72		
3	818431.22	1852154.18		
4	820572.37	1855536.44		
5	819865.72	1852797.94		
6	822241.96	1857097.31		
7	822478.89	1856599.86		
8	822204.15	1855382.35	4.6	5
9	822608.69	1855383.84	19	9.5
10	822348.28	1854885.13		
11	822450.13	1854191.65	1.05	3.2
12	822526.09	1852826.01	1.05	3.6
13	822923.52	1852576.94		
14	823116.45	1851922.53	1.1	3.6
15	823301.59	1849440.88	7.8	11
16	822928.56	1849220	1.6	3.4
17	823508.04	1854573.39		
19	823470.24	1853179.79		
20	823439.76	1852958.1		
21	823586.29	1852164.49	1.2	3.2
22	823294.83	1851431.72		
23	823592.48	1854689.1	11	6.4

24	823905.48	1852847.09		
25	823732.94	1852644.99		
26	824206.68	1852275.4	1.4	3.2
27	825126.42	1850698.95		
28	824979.43	1854183.4		
29	824667.01	1853697.98		
30	824551.53	1853218.63		
31	824776.76	1852446.22		
32	824791.09	1855962.86	19	3
33	819862.85	1852070.66		
34	821215.32	1851525.55		
35	822454.71	1851432.87		
36	823144.87	1853712.19		
37	823476.31	1852754.52	0.6	3.6

Tableau 7 : Résultats des mesures H/V à Salon de Provence

A Pélissanne, en 5 points, les courbes H/V sont relativement plates et leur amplitude est inférieure à 3 sur l'ensemble de l'intervalle de fréquence pouvant intéresser le génie parasismique (0,3-20 Hz). Il s'agit essentiellement des mesures effectuées sur les affleurements rocheux du nord et du sud de la commune.
Pour 4 points, les courbes H/V ont un pic sous 2 Hz. Ces points sont situés sur les éboulis et les molasses affleurantes du Tortonien, ou couvert d'une fine couche d'alluvions superficielles. Au point 3, proche de la Touloubre, nous obtenons une amplification marquée vers 10Hz tandis qu'au point 8, au sud du village un pic apparaît vers 8 Hz.

Points	**Position**		**fo**	**Ao**
N°	**X_L2**	**Y_L2**	**Hz**	
1	826776.88	1853255.52	1	3.6
2	826533.77	1852520.11	0	2.4
3	826483.02	1851556.83	9	4.8
4	826478.32	1850710.4	15	4
5	827749.56	1853712.19	0	0
6	827518.25	1852506.25	1.1	5
7	827640.84	1851431.72	0.8	4
8	827573.24	1850485.05	7.5	5.5

9	828484.74	1852711.44	1.6	3
10	825914.31	1854364.07	0	0
11	826964.54	1850028.61	0	0
12	826684.66	1851111.96	0	0

Tableau 8 : Résultats des mesures H/V à Pélissanne.

Sur la commune de Grans, les courbes H/V obtenues à 16 points de mesures sont relativement plates et leur amplitude est inférieure à 3 sur l'ensemble de l'intervalle de fréquence pouvant intéresser le génie parasismique (0,3-20 Hz). Il s'agit essentiellement des mesures effectuées dans le bassin de la Crau, au nord de la commune, ainsi que sur les plateaux du sud où les roches miocènes affleurent. Pour 4 points, les courbes H/V ont un maximum sous 2 Hz. Ces points situés pour la plupart sur les molasses affleurantes du Tortonien montrent que les conditions géologiques sont localement assez hétérogènes. Pour les points 19 et 22, les courbes H/V ont un pic bien exprimé entre 5 et 15 Hz reflétant des conditions de sols au droit du remplissage sédimentaire de la Touloubre.

Points	**Position**		**fo**	**Ao**
N°	**X_L2**	**Y_L2**	**Hz**	
1	816754.87	1851915.42	0	2.4
2	817715.06	1851112.31	0	2.4
3	817365.51	1849838.89	0	3
4	817776.35	1849344.53	0	2
5	818938.98	1850058.29	0.5	3.6
6	817913.72	1848920.52	0	2
7	818881.12	1848985.25	0	2.4
8	819398.85	1849407.77	0	2
9	818407.62	1847319.32	0	2
10	819112.66	1847544.22	0.65	5.5
11	819875.91	1848753.48	0.9	5
12	820373.14	1849155.38	0	2.2
13	820093.82	1847775.76	0	0
14	820908.17	1848985.02	0	0
15	821681.5	1848845.36	0	2

16	821446.29	1848150.39	0	0
17	820785.46	1848368.42	0	2.8
18	821962.99	1850560.78	0.6	5.2
19	820373.36	1848896.57	5.5	8.5
20	820206.33	1849898.01	0	2
21	820625.41	1848920.29	0	2.4
22	818826.59	1848671.79	14	4.4

Tableau 9 : Résultats des mesures H/V à Grans.

La corrélation entre la lithologie et les mesures de bruit de fond nous a conduit à distinguer six zones dans le microzonage de Salon, Grans et Pélissanne (planche correspondante et Figure 16). Pour ne pas les confondre avec le zonage réglementaire, ni les études antérieures, nous les avons numérotées de Z1 à Z6.

- **Z1 Rocher** : Cette zone regroupe les points pour lesquels la carte lithologique indique soit un affleurement de calcaire sain anté-cénozoïque soit un affleurement de formation Miocène. Cette zone regroupe également des points pour lesquels il existe un recouvrement colluvionnaire de surface d'épaisseur faible et négligeable. Les courbes H/V ne montrent pas d'amplification dans cette zone. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe A.

- **Z2 Sol raide** : cette zone correspond aux sédiments indurés du bassin de Crau : bien que les courbes H/V ne présentent pas d'amplification notable, une amplification modérée sur tout le spectre devra être prise en compte. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe B.

- **Z3 Bassin Miocène et Éboulis** : dans cette zone, rassemblant des terrains de lithologie diverse, les mesures de bruit de fond conduisent à tenir compte d'une amplification faible vers les basses fréquences (entre 1 et 3Hz), la zone est équivalente à la zone S2 déterminée dans le microzonage de Cornillon-Confoux. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe B.

- **Z4 Alluvions de la Touloubre** : cette zone est caractérisée par une amplification entre 5Hz et 15Hz , elle est équivalente à la zone S4 du microzonage de Cornillon-Confou. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe E.

- **Z5 Colluvions indifférenciées** : la zone rassemble les points pour lesquels une amplification entre 8Hz et 10Hz est attendue, zone équivalente à la zone S1 du microzonage de Cornillon-Confou. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe E.

- **Z6 Matériaux résiduels** : au nord de Salon, cette zone est caractérisée par une amplification vers 4Hz. Dans les normes EC8 cette zone correspond à la classe C.

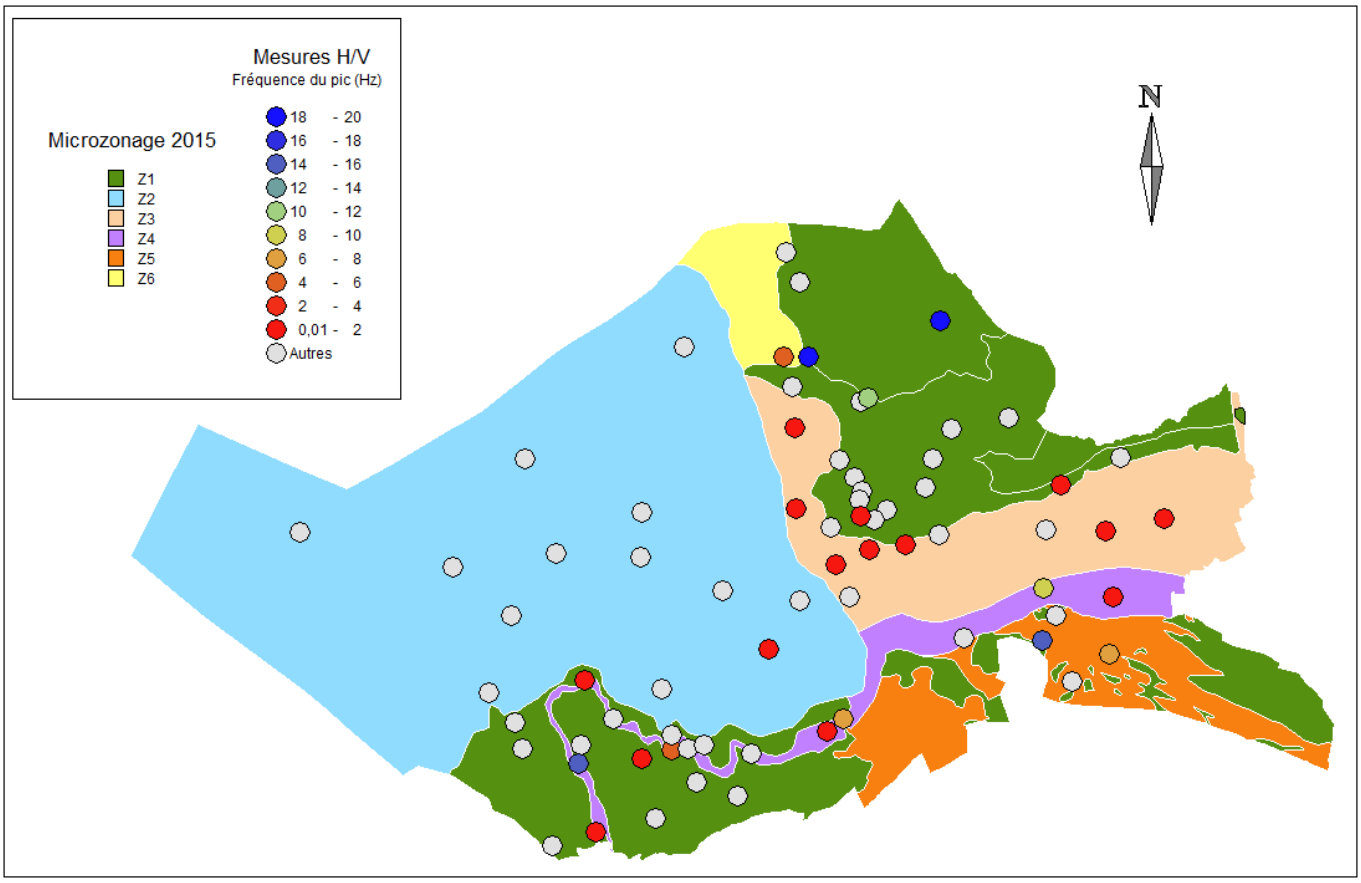


Figure 16 : Résultats des mesures de bruit de fond et microzonage

4.1.3 Spectres de réponse élastiques

Le mode de représentation des spectres de réponse élastique choisi est conforme à celui utilisé dans les règles EC8, pour un amortissement à 5%. La forme des spectres élastiques en représentation standard en période est rappelée sur la Figure 17. Pour un bâtiment de catégorie d'importance II, le spectre de réponse élastique à 5% d'amortissement répond à la formule :

$$0 \le T \le T_B : S_e(T) = a_{gr}.S.\left[1 + \frac{T}{T_B}.(p-1)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : S_e(T) = a_{gr}.S.p$$

$$T_C \le T \le T_D : S_e(T) = a_{gr}.S.p.\left[\frac{T_C}{T}\right]$$ avec T la période propre considérée.

$$T_D \le T \le 4\,\text{sec} : S_e(T) = a_{gr}.S.p.\left[\frac{T_C.T_D}{T^2}\right]$$

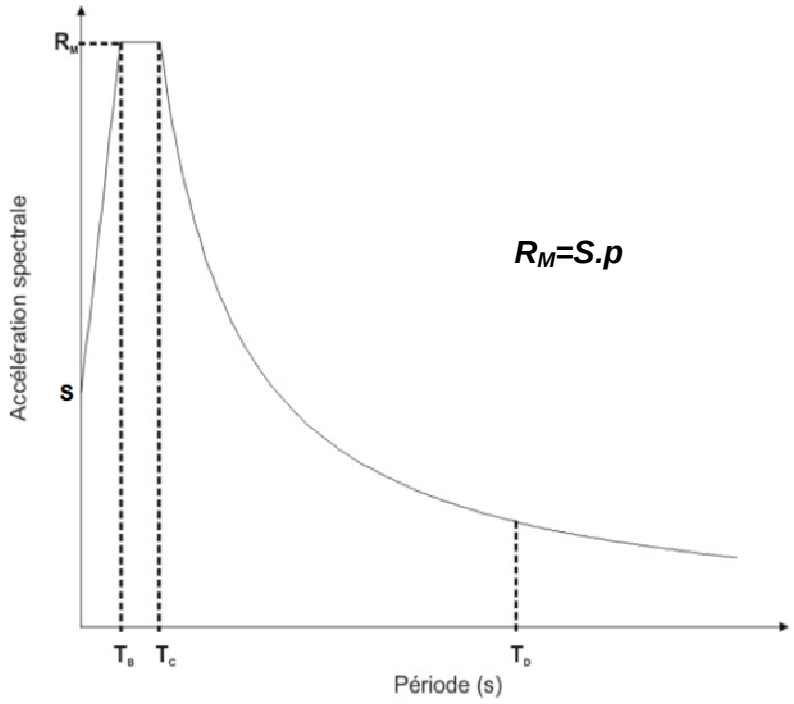


Figure 17 : Forme des spectres élastiques selon la norme NF EN 1998-1

4.1.3.1 Zone rocheuse

Pour la zone Z1, le rocher en surface est caractérisé par des vitesses de propagation des ondes de cisaillement rapides (supérieures à 860 m/s) et le spectre de réponse élastique horizontal à 5% d'amortissement proposé correspond au spectre de la norme pour les sols de classe A. Le tableau suivant rappelle les paramètres caractéristiques de ce spectre.

	TB (s)	TC (s)	TD (s)	S	p	PGA_{ref} (m/s²)	PGA (m/s²)
Z1	0,03	0,2	2,5	1	2,5	1,6	1,6

Tableau 10 : Points remarquables du spectre proposé pour la zone Z1.

4.1.3.2 Zones sédimentaires et à effet de site.

Les zones Z2 à Z6 présentent un effet de site dépendant des conditions de sol associées. Afin de modéliser les spectres de réponse élastique propres à chaque zone, un calcul numérique a été mis en œuvre à l'aide du logiciel CyberQuake (Modaressi *et al.*, 1997). Pour cela, un modèle de sol linéaire équivalent, visco-élastique a été utilisé. Les modules de cisaillement *G* et les amortissements *D* ont été calculés à partir des valeurs des vitesses d'onde de cisaillement et des masses spécifiques de chaque couche. Ce modèle permet d'obtenir numériquement une fonction de transfert multicouche de la colonne de sol, permettant le passage des conditions au rocher horizontal affleurant aux conditions particulières de site.

Le principe de la méthode numérique utilisée est le suivant :

1) *utilisation des accélérogrammes réels* définis précédemment;
2) *calcul de la réponse* de la colonne de sol soumis à ces accélérogrammes à sa base.
3) *calcul de la fonction d'amplification spectrale pour chaque zone*

4) *définition des spectres de réponse élastique spécifiques pour chaque zone* en appliquant la fonction d'amplification au spectre de réponse au rocher.

Colonnes de sol représentatives.

L'analyse conjointe de la carte lithologique, des données de sondages et des mesures de bruit de fond permet de définir des colonnes de sol représentatives des zones non rocheuses définies dans le microzonage de Salon, Grans et Pélissanne. Ces colonnes de sol de référence sont utilisées dans les simulations numériques.

Zone Z2

La zone Z2 est constituée du bassin des alluvions de Crau. L'épaisseur de ces alluvions anciennes est variable. Afin de préciser la vitesse de propagation des ondes de cisaillement dans les différents niveaux géologiques du sous-sol, la méthode du bruit de fond en réseau a été appliquée en un point de la zone.

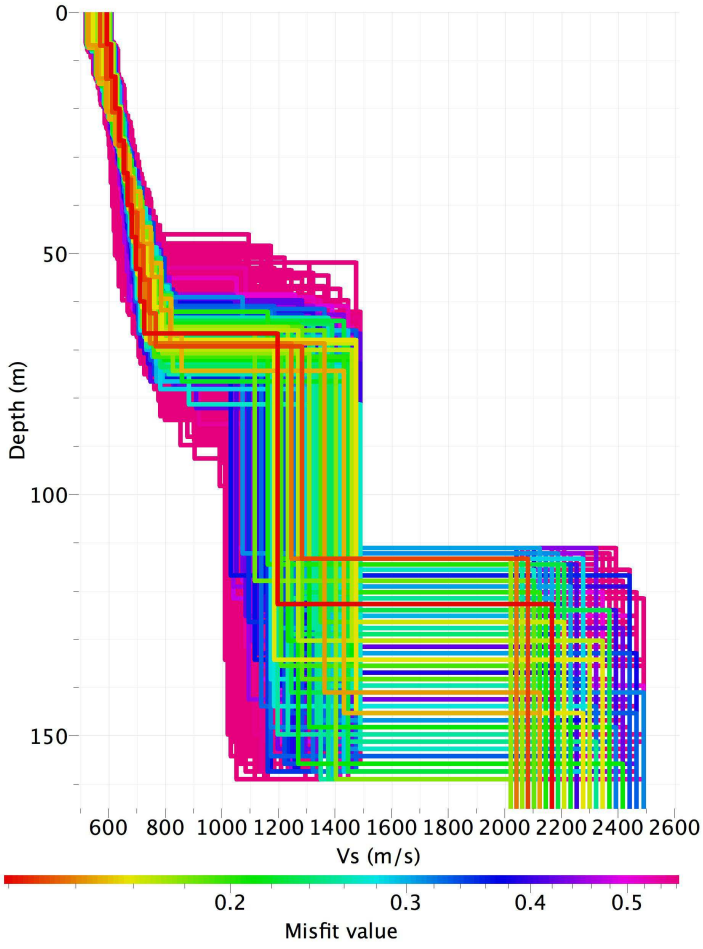


Figure 18 : Profil de vitesse de ondes de cisaillement (Vs) obtenu sur la zone Z2 par la méthode du bruit de fond en réseau.

La méthode consiste à enregistrer simultanément les vibrations ambiantes sur plusieurs capteurs sismologiques répartis selon une configuration géométrique donnée et d'analyser les ondes de surfaces traversant le réseau. La vitesse de propagation des ondes de surface dépend de leur fréquence et du milieu de propagation. En mesurant, fréquence par fréquence, cette vitesse il alors possible de retrouver le profil de vitesse Vs sous le point de mesure. Les résultats de cette investigation géophysique ont fait l'objet d'un rapport à part (CEREMA, 2014), le profil de vitesse déduit est montré sur la Figure 18.

Parmi toutes les solutions proposées par le processus d'inversion, celles dont l'erreur par rapport à la courbe de dispersion pointée est la plus faible (courbe rouge) sont caractérisées par deux interfaces. Une première interface aux environs de 70 mètres de profondeur dont le milieu est caractérisé par un gradient de vitesse entre 600 m/s, pour la vitesse d'onde S en surface, et 800 m/s à l'interface avec le second milieu. Une deuxième interface plus profonde est ensuite atteinte aux environs de 120 mètres de profondeur. Cette couche est caractérisée par une vitesse d'onde S aux alentours de 1200 m/s et correspondrait aux molasses calcaires. Enfin, un milieu caractérisé par une vitesse d'onde S aux alentours de 2200 m/s correspond au socle calcaire retrouvé dans les sondages réalisés dans cette zone.
Selon les données géotechniques disponibles, l'épaisseur sédimentaire varie en entre 5 m et 150 m. Afin de tenir compte de ces variations, trois colonnes de sol représentatives ont été utilisées. Elles sont schématiquement replacées dans la Figure 19.

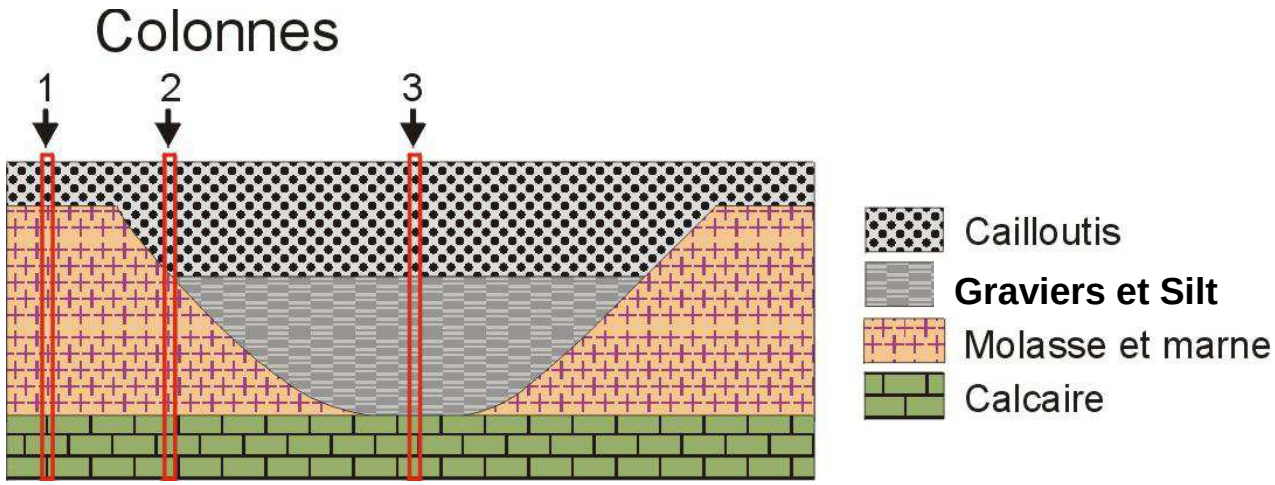


Figure 19 : Implantation schématique des colonnes de sol dans la plaine de Crau

Colonne 1

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**ρ (Kg/m³)**	**Vs (m/s)**
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	2	1800	600
Molasse calcaire	Tortonien	45	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	1000
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Colonne 2

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**ρ (Kg/m³)**	**Vs (m/s)**
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	27	1800	600
Molasse calcaire	Tortonien	20	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	1000
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Colonne 3

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**ρ (Kg/m³)**	**Vs (m/s)**
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	1	1800	500
Poudingue	Quaternaire (Würm)	2	1800	800
Cailloutis	Quaternaire (Würm)	27	1800	600
Gravier	Quaternaire (Würm)	90	1800	1000
Silt	Quaternaire (Würm)	30	1800	1200
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Zone Z3

La zone Z3 du microzonage est constituée des sols pour lesquels les mesures H/V ont montré une amplification entre 1 Hz et 3 Hz. Dans cette zone, les molasses calcaires et gréseuses sont affleurantes où sous une très faible couche de colluvions de surface.

Afin de préciser la vitesse de propagation des ondes de cisaillement dans les différents niveaux géologiques du sous-sol, la méthode du bruit de fond en réseau a été appliquée en un point de la zone. Les résultats de cette investigation géophysique ont fait l'objet d'un rapport à part (CEREMA, 2014), le profil de vitesse déduit est montré sur la Figure 20.

Ici, deux interfaces peuvent être distinguées. Une première interface, entre 2 et 5 mètres de profondeur, sépare le premier milieu caractérisé par des vitesses d'onde S aux environs de 200 m/s d'un second milieu caractérisé par une vitesse d'onde S de 1200 m/s. Un seconde interface, entre 115 et 130 mètres de profondeur sépare la seconde couche d'une troisième caractérisée par une vitesse d'onde S aux environ de 2000 m/s.

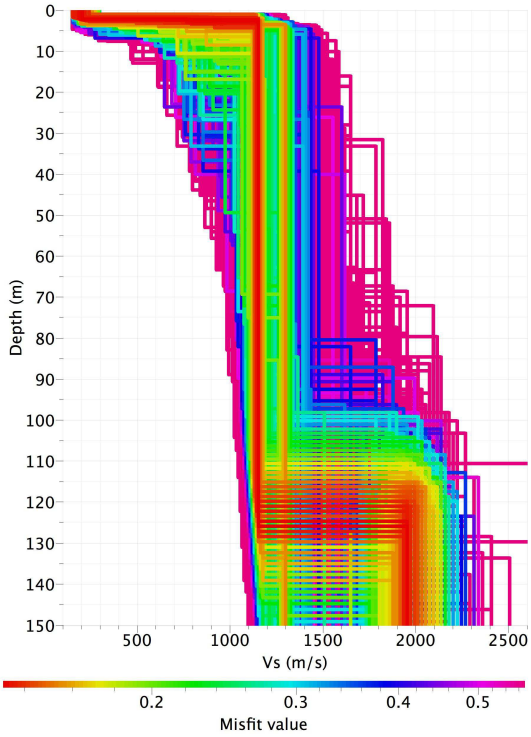


Figure 20 : Profil de vitesse de ondes de cisaillement (Vs) obtenu sur la zone Z3 par la méthode du bruit de fond en réseau.

Dans cette zone la colonne de sol moyenne prise en compte est détaillée dans le tableau suivant.

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**ρ (Kg/m³)**	**Vs (m/s)**
Alluvions : limons et sables	Quaternaire	3	1800	200
Molasse calcaire	Tortonien	47	2000	1200
Alternance de Molasse gréseuse et Marne sableuse	Helvétien	100	2000	800
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Zone Z4

La zone Z4 recouvre les alluvions de la Touloubre. La variabilité de l'épaisseur des dépôts quaternaires dans cette zone est prise en compte en considérant deux colonnes de sol. Dans la première, les sédiments ont 3 mètres d'épaisseur tandis que dans la seconde la couche sédimentaire atteint 10 m d'épaisseur.

Colonne 1

Lithologie	**Age**	**Epaisseur (m)**	**ρ (Kg/m³)**	**Vs (m/s)**
Alluvions : limons et sables	Quaternaire	3	1800	200
Molasse calcaire	Tortonien	infinie	2000	1200

Colonne 2

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	ρ (Kg/m³)	Vs (m/s)
Alluvions : limons et sables	Quaternaire	10	1800	200
Molasse calcaire	Tortonien	infinie	2000	1200

Zone Z5

Cette zone est caractérisée par les colluvions d'une épaisseur moyenne de 8 m reposant sur le calcaire du crétacé. Le contraste de vitesse entre la couche sédimentaire et le substratum rocheux doit être très important.

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	ρ (Kg/m³)	Vs (m/s)
Colluvions : argile et sables	Quaternaire	8	1800	280
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Zone Z6

Cette dernière zone, au Nord de la commune de Salon de Provence, est formée par les terrains où se situent les formations résiduelles. L'épaisseur caractéristique de ces dépôts est de 17,5 m selon les données de sondage disponibles dans la zone.



Figure 21 : Profil de vitesse de ondes de cisaillement (Vs) obtenu sur la zone Z6 par la méthode du bruit de fond en réseau.

Dans cette zone la colonne de sol moyenne prise en compte est détaillée dans le tableau suivant.

Lithologie	Age	Epaisseur (m)	ρ (Kg/m³)	Vs (m/s)
Terre végétale	Quaternaire	0,5	1800	150
Limons argileux	Quaternaire	4	1800	200
Alluvions argilo-sableuses	Quaternaire	5	1800	250
Argile plastique	Quaternaire	8	1800	300
Calcaire	Crétacé	infinie	2400	2500

Fonction d'amplification des spectres de réponse élastique horizontaux.

Les calculs des spectres de réponse élastique horizontaux tenant compte de la réponse sismique des colonnes de sol définies plus haut ont été faits en utilisant les 4 accélérogrammes réels sélectionnés dans la base de donnée des mouvements forts. Un exemple de calcul est montré Figure 22 pour la zone Z4. Une division spectrale entre ce spectre modélisé et le spectre élastique moyen des données d'entrées permet d'obtenir la fonction d'amplification de la zone. Pour les zones représentées par plusieurs colonne de sol, la courbe enveloppe est prise en considération.

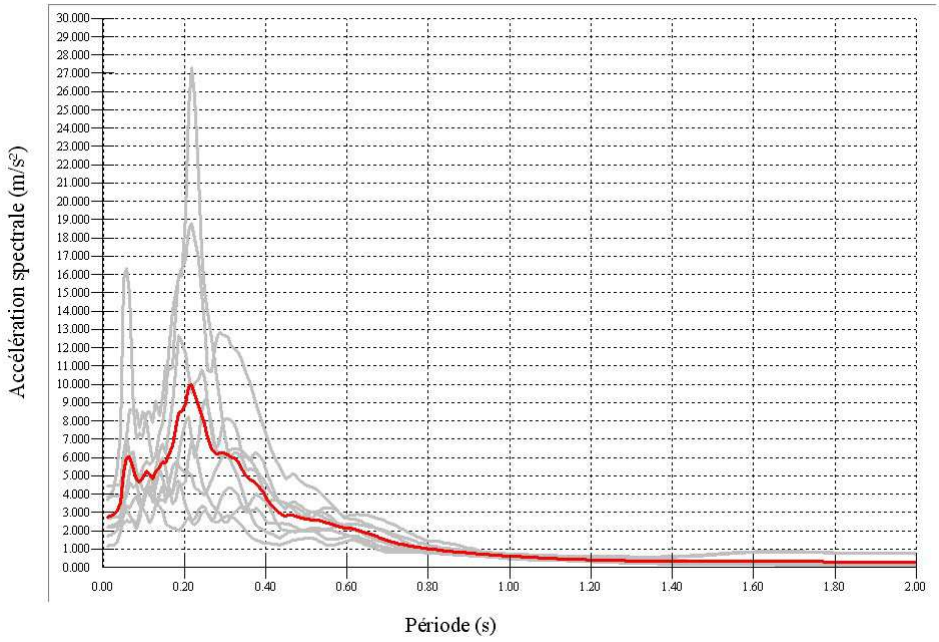


Figure 22 : Exemple de calcul des spectres de réponse élastique (zone Z4). En rouge : moyenne de toutes les simulations

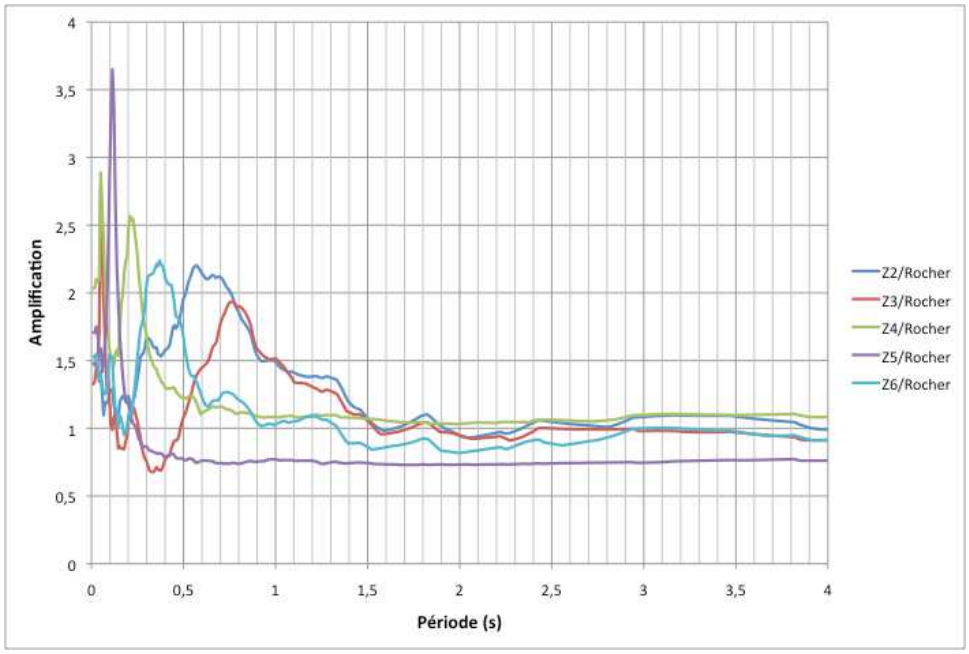


Figure 23 : Fonction d'amplification des spectres de réponse élastique des zones du microzonage.

Spectres de réponse élastique horizontaux.

Le résultat de la multiplication du spectre EC8 A avec la fonction d'amplification déterminée auparavant est lissé et modélisé selon la forme réglementaire EC8.

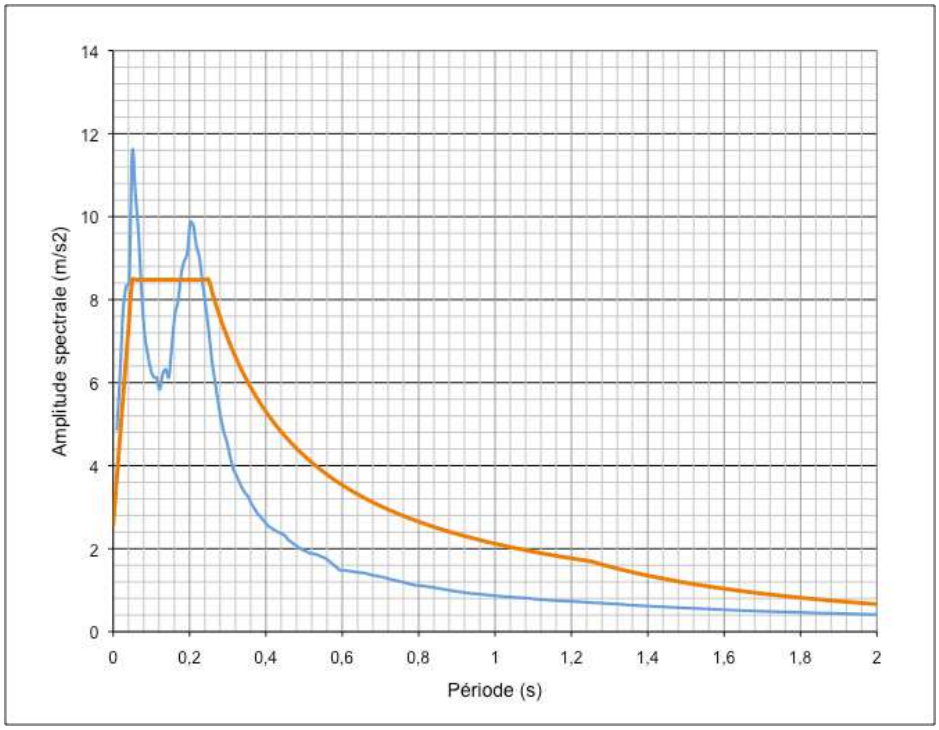


Figure 24 : Modélisation du spectre moyen calculé pour la zone Z4

Pour chaque zone est alors défini un spectre de réponse élastique horizontal à partir de la procédure décrite ici. Ces spectres ont la forme des spectres issus de la norme EC8 (Figure 25). Leurs points remarquables sont spécifiés dans le Tableau 11. Ils sont établis pour les bâtiments de catégorie d'importance II.

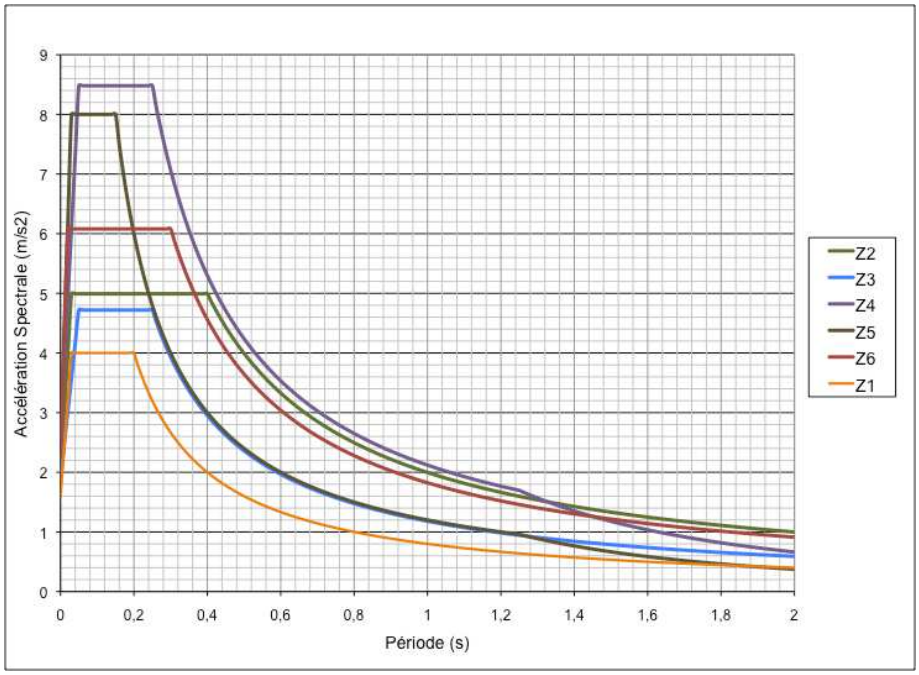


Figure 25 : Spectres de réponse élastique horizontaux proposés pour les zones Z1 à Z6 (5% d'amortissement)

	TB (s)	TC (s)	TD (s)	*S*	*p*	a_{gr} (m/s²)	PGA (m/s²)
Z2	0,03	0,4	2,5	1,25	2,5	1,6	2
Z3	0,05	0,25	2,5	1,18	2,5	1,6	1,89
Z4	0,05	0,25	1,25	1,6	3,3	1,6	2,56
Z5	0,03	0,15	1,25	1,6	3,1	1,6	2,56
Z6	0,02	0,3	2,0	1,4	2,7	1,6	2,24

Tableau 11 : Points remarquables des spectres Z2 à Z6

Comparaison avec la forme des spectres EC8.

La figure suivante permet de comparer les spectres proposés dans la présente étude avec les spectres de la norme NF EN 1998-1 pour les bâtiments de catégorie d'importance II.

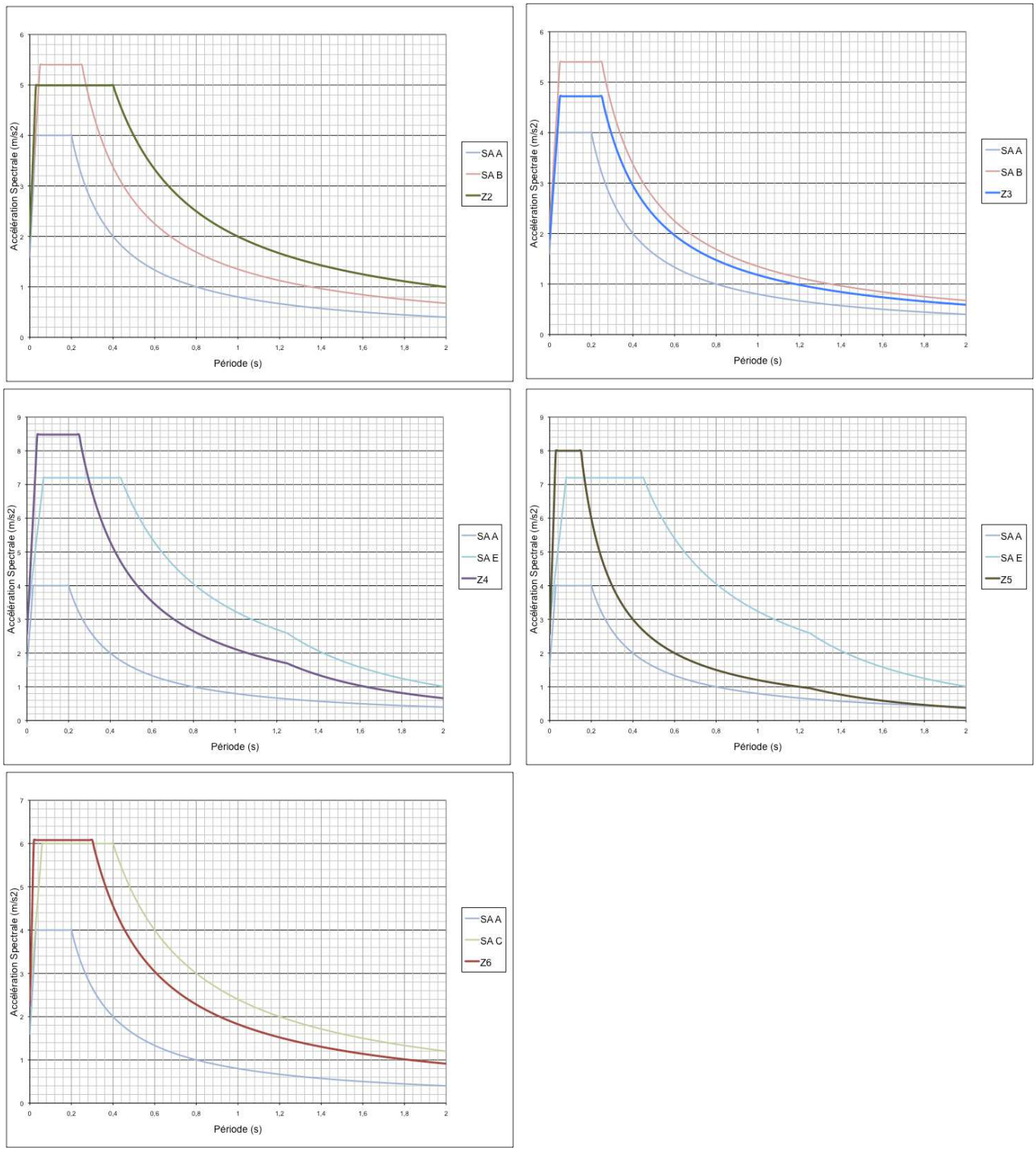
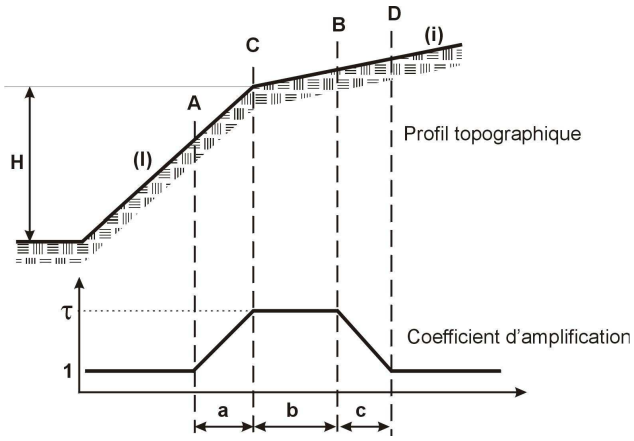


Figure 26 : Comparaison des spectres proposés avec les normes EC8

On note une différence assez marquée entre les spectres de réponse élastique de la norme EC8 et ceux déterminés dans la présente étude. Cette différence est suffisamment grande pour justifier leur prise en compte pour toutes les zones du microzonage avec effet de site lithologique.

4.2 Les effets de site topographiques

La forme du relief peut accroître les effets dévastateurs d'un séisme notamment par l'amplification des vibrations. Les effets de site topographiques se traduisent ainsi par des amplifications pouvant être importantes au sommet des buttes, sur les crêtes allongées, les rebords de plateaux ou de falaises. Ces effets sont calculés selon une méthode qui dérive de la norme des PS92, dans laquelle le coefficient d'amplification du spectre, *t* , varie le long de la topographie selon le schéma ci-dessous.



$$a = H/3$$

$$b = \min\left\{\begin{array}{l} 20I \\ \dfrac{H+10}{4} \end{array}\right.$$

$$c = H/4$$

τ est fonction de la pente et vaut 1,4 au maximum:

$$\tau = \bar{1} + 0.8(I - i - 0.4)$$

Figure 27 : Variation du coefficient d'amplification suivant la topographie du site selon les PS92

En l'absence de données topographiques numériques suffisamment précises, la carte IGN au 1/25 000ème a été utilisée pour définir les effets de site topographiques sur la commune. Les variations de pente supérieures à 22° ont été repérées sur cette carte (pour i=0, t>1 si I>22°). Les limites de zone ont été appréciées suivant le principe du schéma de la Figure 27 et en prenant l'arête principale comme point C. La procédure suivie permet d'apprécier les zones d'amplification probable auxquelles un coefficient d'amplification de 1,4 est appliqué au spectre de réponse élastique au rocher (Figure 28).

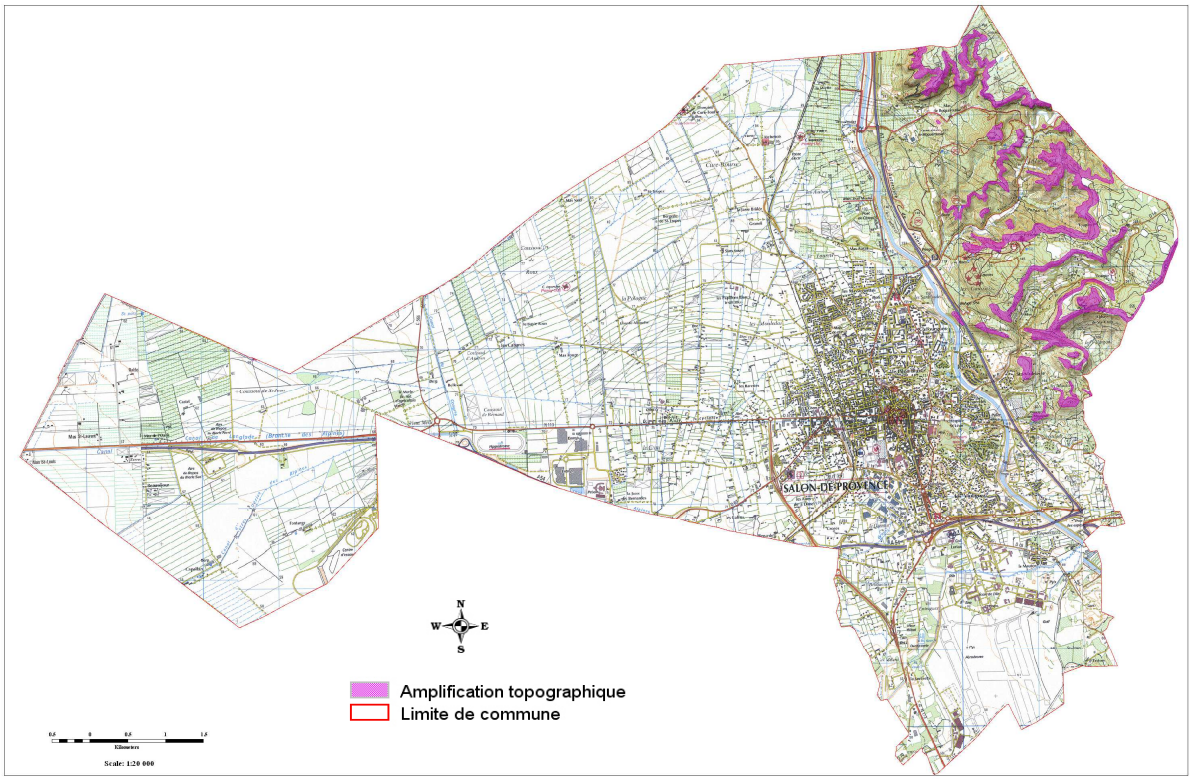


Figure 28 : Cartographie des amplifications dues à la topographie sur la commune de Salon de Provence.

Sur la commune de SALON, seuls les reliefs du Nord-Est de la commune au niveau de la terminaison occidentale de la Chaîne des Costes peuvent entraîner une modification du mouvement sismique. Ces amplifications éventuelles sont repérées sur la Figure 28.

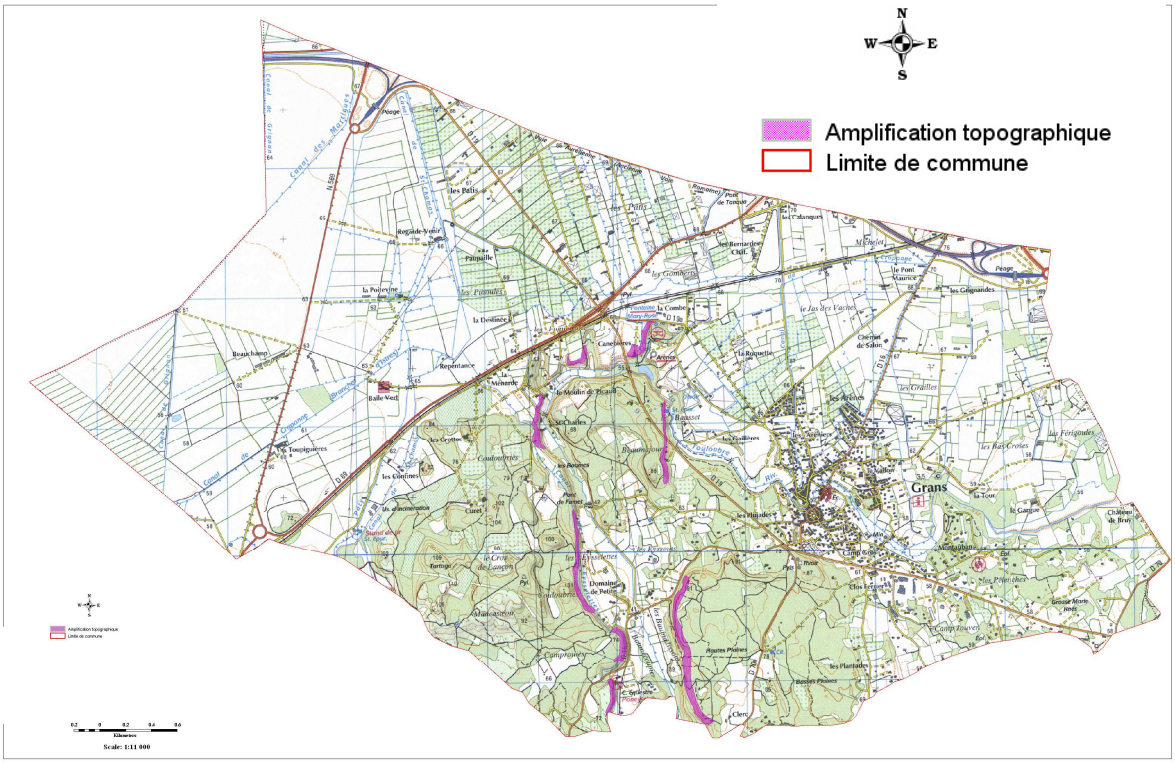


Figure 29 : Cartographie des amplifications dues à la topographie sur la commune de Grans.

La géographie de la commune de Grans ne présente que très peu de reliefs. Une légère amplification peut être cependant attendue localement sur les crêtes des contreforts du sillon de la Touloubre. Ces amplifications éventuelles sont repérées sur la Figure 29.

La majeure partie de la commune de Pélissanne se situe dans la plaine de la Touloubre, seuls les reliefs du Nord et, dans une moindre mesure, la topographie du sud-est peuvent entraîner une amplification du mouvement sismique. Ces amplifications éventuelles sont repérées sur la Figure 30.

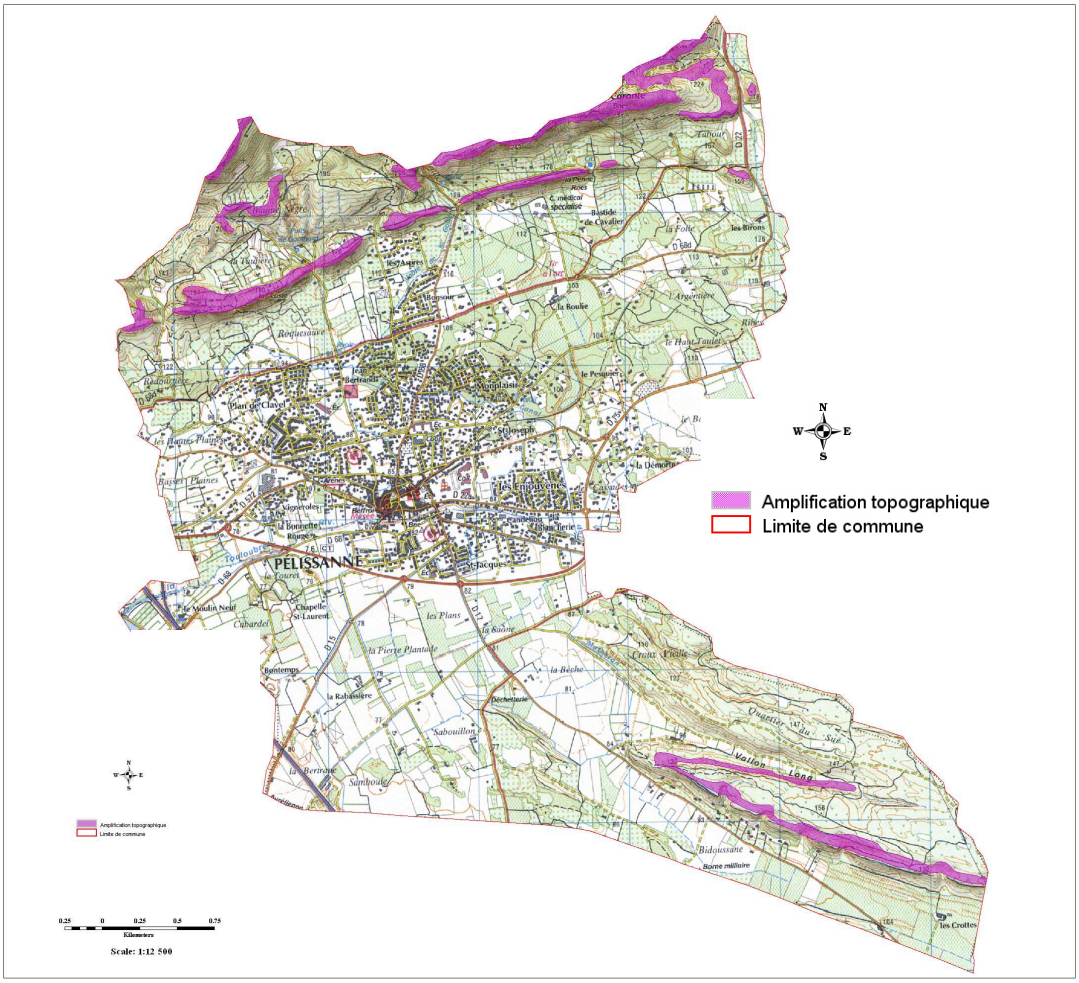


Figure 30 : Cartographie des amplifications dues à la topographie sur la commune de Pélissanne

Les incertitudes liées à ces estimations paraissent aujourd'hui trop importantes pour être transcrites en termes réglementaires. Une étude spécifique pourra être demandée pour des constructions en bord de crête dans les zones repérées sur les 3 communes.

5 Conclusion

Les études préalables aux plans de prévention des risques sismiques pour les communes de Grans, Salon de Provence et Pélissanne ont permis d'établir un microzonage sismique pour les trois communes. Ce microzonage comprend 5 zones à effet de site lithologique, une zone à effet de site topographique et une zone sans effet de site, au rocher. Pour chaque zone, un spectre de réponse élastique horizontal à 5% d'amortissement et spécifié pour les bâtiments de catégorie d'importance II selon la norme parasismique.

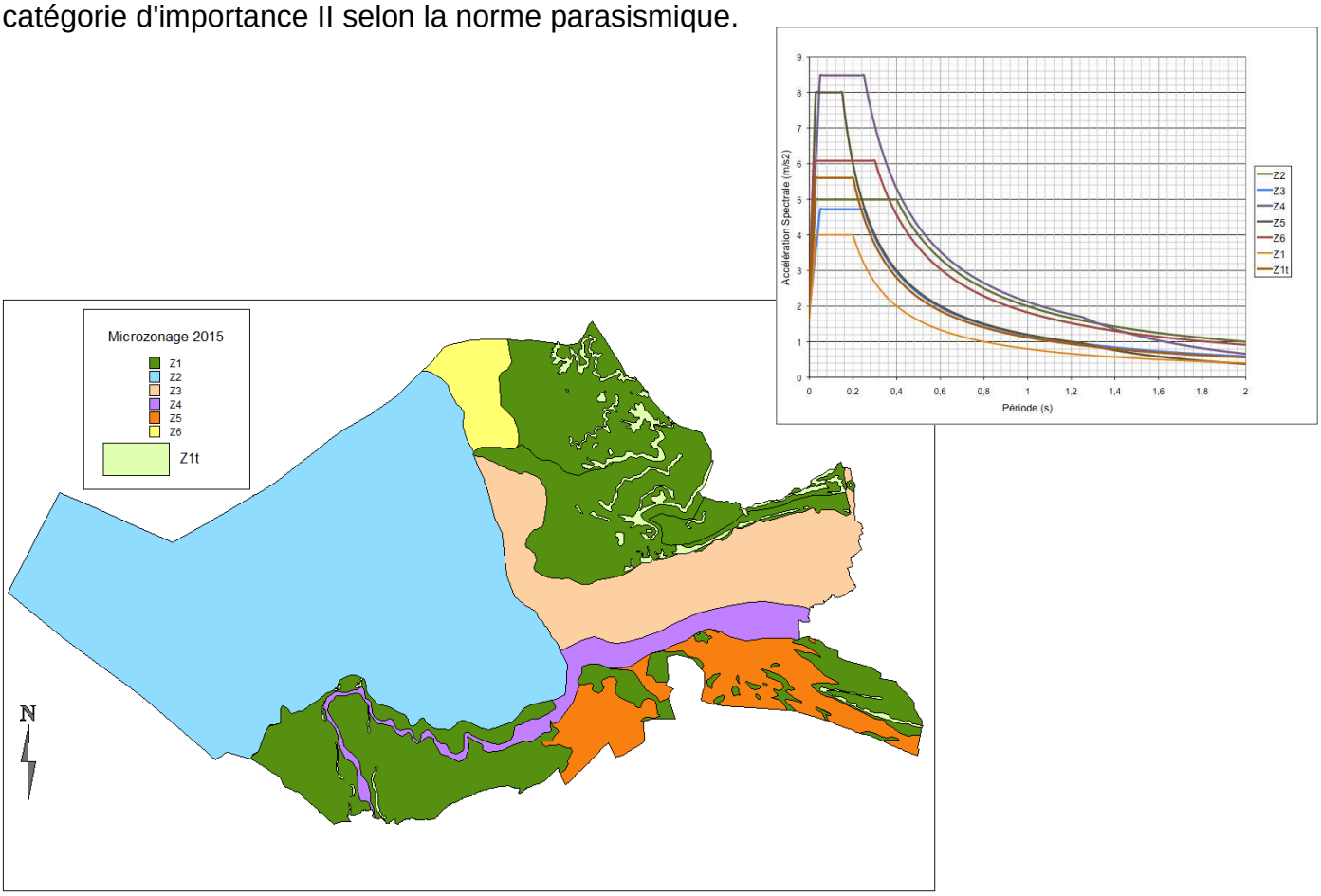


Figure 31 : Microzonage des communes de Grans, Salon de Provence et Pélisanne

Le chef du service Risque Sismique — Le chef du laboratoire de Nice

Etienne Bertrand — P.I. Patrice Maurin

Connaissance et prévention des risques - Développement des infrastructures - Énergie et climat - Gestion du patrimoine d'infrastructures
Impacts sur la santé - Mobilités et transports - Territoires durables et ressources naturelles - Ville et bâtiments durables

Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement
Direction Territoriale Méditerranée - Pôle d'activités 30 Avenue Albert Einstein - CS 70499 - 13593 AIX-EN-PROVENCE Cedex 3 -Tél : +33 (0)4 42 24 76 76
Siège : Cité des Mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30 - www.cerema.fr