



ASP B

Association pour la sauvegarde du patrimoine bâti breillois

06540 Breil-sur-Roya

www.ASPB.fr – contact@aspb.fr

Association loi 1901 – JO du 13 avril 2013

Conférence de consensus pour la définition d'un projet de restauration durable du village historique de Breil-sur-Roya

CAHIER DE REFERENCES N° 10

Cadrage réglementaire pour les travaux lourds et les démolitions dans les îlots anciens du village de Breil, en zone sismique 4

Version n° 1 en date du 22 septembre 2022, susceptible d'être mise à jour

Le présent Cahier de références est un document d'informations générales et réglementaires, relatives à la prise en compte du risque sismique pour les travaux lourds et les démolitions, annoncés pour la réhabilitation du secteur Brancion. Il a été réalisé dans le cadre de la Conférence de consensus 2022. Il est destiné à la population, comme aux partenaires privés et publics de la restauration durable du village de Breil, très impacté par une succession de circonstances destructrices. Les règles en vigueur s'appliquent à l'ensemble des projets de démolitions / reconstructions dans le village.

Le document se présente sous la forme d'une compilation d'informations générales et d'obligations légales relatives au risque sismique. Il ne prétend pas être exhaustif, et pourra être complété et précisé en fonction de nouveaux apports. Les règles applicables sont celles en vigueur au moment de l'autorisation de travaux ou de démolition.

Les attentes issues des travaux de l'atelier n°3, dédié au risque sismique au cœur du village historique, sont formulées par ailleurs dans les pré-conclusions de l'atelier.



Suite aux dommages des séismes de 1618 et de 1644, l'église Santa Maria in Albis et la chapelle des Pénitents Noirs ont dû être entièrement reconstruites, plutôt que reprises sur leurs bases initiales, comme initialement prévu, les murs étant trop lézardés. De nouveaux dommages les ont affectées lors du séisme de 1887.

Sommaire

1. Contexte local à prendre en compte	3
1.1. Sismicité historique.....	3
1.2. Le « secteur Brancion » affaibli et visé par une restructuration	4
1.3. Mitoyenneté des immeubles et conséquences technico-juridiques	5
2. Cadre réglementaire pour la protection des bâtiments en zone sismique 4	6
2.1. Cadre normatif général	6
2.2. Application des règles de construction parasismique aux bâtiments existants	9
2.3. Prise en considération du PPRN approuvé le 26 janvier 2015	11
2.4. Incidence de la participation du FPRNM au financement des mesures de prévention	13
3. Vérifications relatives au risque sismique pour les deux îlots du secteur sinistré	15
3.1. Objectifs des vérifications	15
3.2. Facteurs du risque sismique des constructions.....	15
3.3. Reconnaissance préliminaire des bâtiments en vue de leur diagnostic.....	16
3.4. Pré-diagnostic sismique.....	17
3.5. Diagnostic et prescriptions préliminaires au projet	19
4. Glossaire pédagogique	21
5. Annexe : Vulnérabilité probabiliste des bâtiments anciens	26

ATTENTION :

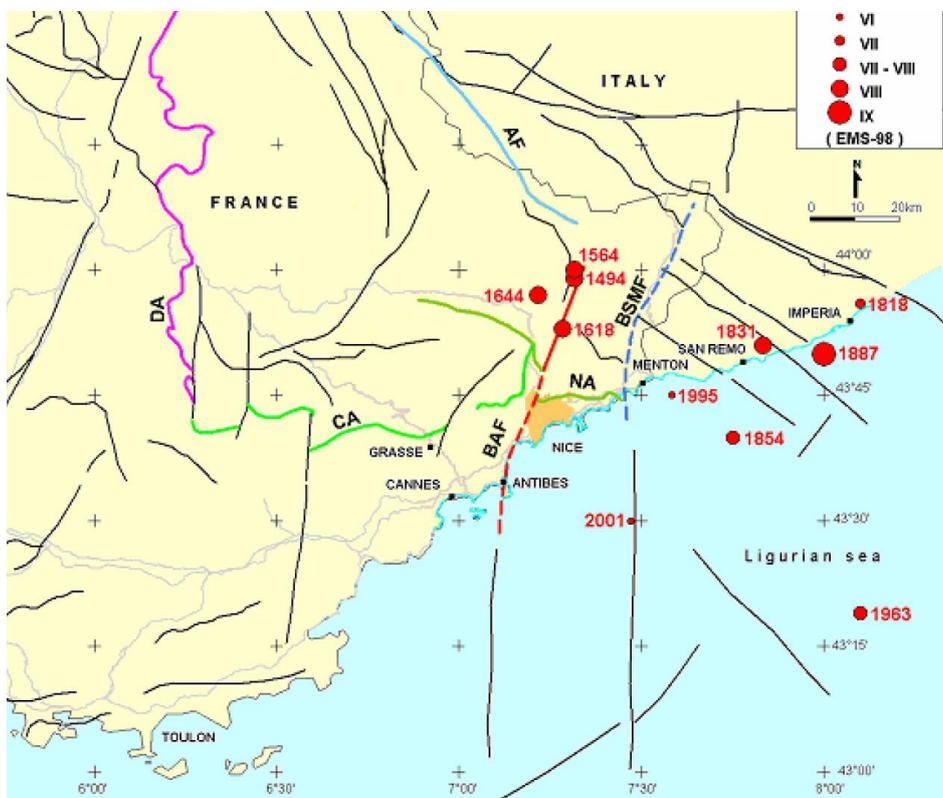
Le sujet faisant appel à un vocabulaire spécialisé, un glossaire a été ajouté en fin de document. Les mots figurant dans le glossaire sont écrits en italique dans le texte, pour faciliter la compréhension lorsque nécessaire. Certains termes sont également explicités dans le texte.

Néanmoins il est probable que certains concepts restent complexes à appréhender par le « grand public ». Ils sont indispensables aux conclusions de l'atelier : constats, attentes et demandes de sécurité par un projet global.

1. Contexte local à prendre en compte

1.1. Sismicité historique

La vallée de la Roya, donc la commune de Breil, se trouve dans une région où des failles sismiques actives sont susceptibles de provoquer des secousses destructrices. Ce fut le cas dans le passé, et ce sera à nouveau le cas dans un futur prévisible, mais non prédictible.



Carte des failles majeures régionales et localisation de séismes destructeurs historiques (Document Sismalp/ BRGM/RP 53976-FR).

La Faille Breil-Sospel-Monaco (BSMF) et la faille Taggia-Saorge sont les plus proches du village. Elles génèrent des séismes qui sont ressentis de temps à autres, mais aucun séisme destructeur ne leur est associé à ce jour.

La faille Saint-Blaise-Aspremont (BAF) est à l'origine de séismes très destructeurs dans la proche Vésubie, ayant impacté Breil au moins en 1564, 1618 et 1644.

Le système de failles en mer qui a généré le séisme majeur de 1887 est moins bien cerné sur la carte qui précède. Mieux documentée en ce qui concerne les dommages, car plus récente, la catastrophe a également causé des dommages à Breil.

Effets documentés du séisme « Ligure » du 23 février 1887 à Breil

Source : Azur séismes André Laurenti

Selon Le Petit Niçois du 26 février 1887 (Arch. Dép. Des A.M.)

La chapelle de la Miséricorde et l'église paroissiale furent crevassées. Le curé qui, au moment du séisme disait la messe, fit sortir au moment de l'offertoire, le public.

Au village, les maisons de MM. Ghirardi, Torelli, Bergondi et Bermondi, furent lézardées.

Les habitations de campagne appartenant à MM Rey, Robiolis et Revelli situées aux quartiers de la Pinea, de Bourgemo et de Peuil sur la rive droite de la Roya ont beaucoup souffert.

Selon le Phare du Littoral du 25 février 1887 (Arch. Dép. Des A.M.)

Plusieurs cheminées des maisons du village sont tombées.

Les dommages ont plutôt été observés dans les campagnes. Les maisons isolées ont presque toutes été fendues.

Par ailleurs, des rochers sont tombés des montagnes.

1.2. Le « secteur Brancion » affaibli et visé par une restructuration

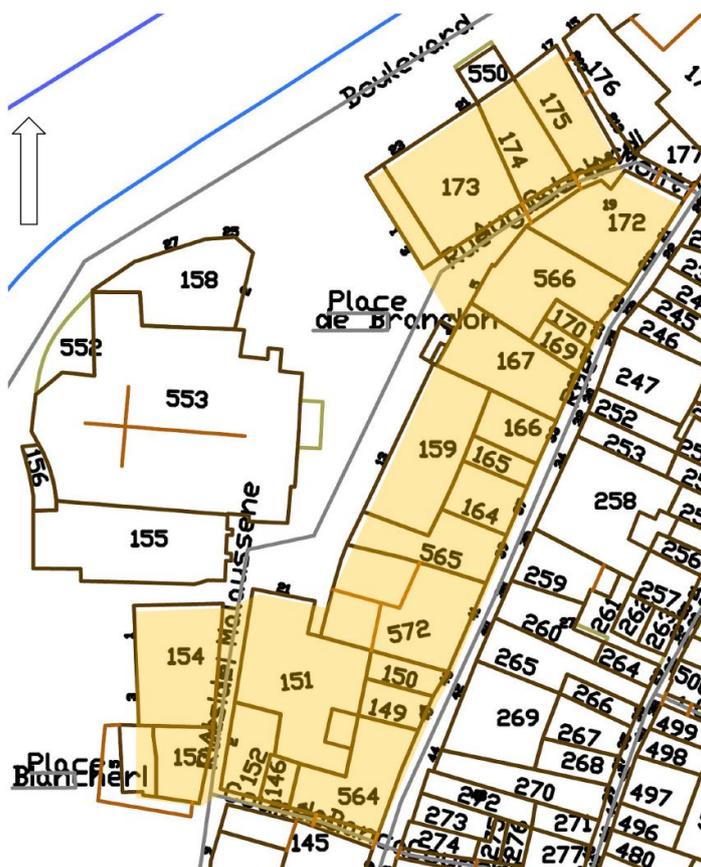
La nécessité de prise en compte du risque sismique pour les travaux à venir concerne plus particulièrement les deux îlots fortement impactés par la dissolution du gypse, accélérée par les longues et récurrentes fuites sur réseaux. Toutefois, d'autres bâtiments du village sont très endommagés, voire déjà effondrés. La prise en compte des règles en vigueur concerne tout autre projet modifiant la structure de bâtiments pouvant impacter un ou plusieurs immeubles mitoyens.

L'atelier n°3 demande que le risque sismique soit pris en compte, par application des règles en vigueur, pour les études et la mise en œuvre des projets de modifications structurelles, à plusieurs titres en ce qui concerne le secteur Brancion :

- 1) La perte de résistance statique, mais surtout dynamique (sismique) des sols et des bâtiments du secteur, associée à la déformation des fondations sous certains murs, doit être prise en compte pour restituer le comportement sismique initial des constructions fissurées.
- 2) Toute décision de démolition ou de modifications structurelles impactant le comportement sismique global ou partiel d'un îlot, doit être justifiée par une étude technique conformément aux règles en vigueur, démontrant que les dispositions adoptées n'exposent pas les biens et les personnes à un risque accru après travaux.
- 3) Le surcoût des dispositions parasismiques qui en découlent doit être intégré aux estimations permettant la participation du FPRNM (alias Fonds Barnier), pour les travaux de renforcement des immeubles du secteur, comme pour les options de démolition (impact sur le *contreventement* et la *ductilité* des immeubles conservés).

L'impact structurel du sinistre qui affecte globalement les constructions du secteur Brancion, lié directement et indirectement à la dissolution du substratum de gypse, concerne plus particulièrement une zone « rapprochée » d'environ 4 600 m², qui inclut 22 parcelles cadastrées bâties, la voirie communale, et les réseaux publics enterrés.

Huit ou neuf propriétés / copropriétés ont leurs fondations directement affectées par un tassement du sol. Les autres subissent les dégradations des premières : les voûtes, planchers et toitures, déformés par le déplacement des fondations de certains murs, exercent des efforts sur les murs porteurs opposés, et génèrent des endommagements sur des constructions dont les fondations sont encore intactes.



Localisation et références cadastrales des immeubles impactés (pochage orangé).

1.3. Mitoyenneté des immeubles et conséquences technico-juridiques

Les 22 biens cadastrés, impactés par le sinistre Brancion, constituent deux îlots bâtis :

- Un petit îlot ouvrant sur la place Biancheri, constitué des deux parcelles E 153 et E 154 ;
- Un vaste îlot constitué de 20 parcelles, délimité par les couréou da Banca, rue Pasteur, couréou Cachiardi de Montfleury, boulevard Rouvier, place Brancion et ruelle Alziari de Malaussène.

N-B : La copropriété cadastrée E 172 et E 174 enjambe le couréou Cachiardi sur trois niveaux. Deux logements accessibles par la rue Pasteur (E 172) sont implantés sur ces deux parcelles.

Les mitoyennetés à l'intérieur de chacun des deux îlots impliquent le partage de murs entre les propriétés / copropriétés limitrophes.

D'un point de vue mécanique, ces murs mitoyens sont :

- soit porteurs des voûtes, des planchers et des toitures situés de part et d'autre ;
- soit non porteurs, partagés sur des hauteurs variables, comme limites de propriétés, devenant souvent façade dans les étages supérieurs d'un des deux immeubles, le plus haut.
- plus rarement, porteurs pour une copropriété et de séparation non porteur pour l'autre.

Tous participent au *contreventement* de l'îlot, avec les murs de façades non mitoyens et les planchers.

Il résulte de cette situation que chacun de ces deux îlots du secteur sinistré doit être considéré d'un point de vue dynamique comme une seule construction, ce qui a une incidence technique et juridique sur les travaux structuraux, et les éventuelles démolitions, à projeter.

En l'absence de joint parasismique, la vérification sismique ne peut se faire que pour certaines parcelles hors contexte d'ensemble.

Ainsi, la situation de continuité mécanique entre des constructions implique qu'aucune modification ne peut être apportée directement ou indirectement à ces murs communs, sans justifier que cette modification n'affaiblit ni le mur, ni le bâtiment mitoyen, et par retombées les immeubles de proche en proche, tant du point de vue statique (descentes de charges verticales locales), que dynamique (stabilité d'ensemble aux actions sismiques horizontales et verticales : résistance élastique¹ et réserve de ductilité²).

- Toute dégradation du système porteur et de contreventement, due à une modification inappropriée ou à une négligence d'entretien, engage la responsabilité des propriétaires / copropriétaires, de l'immeuble ou des viabilités, impliqués. En cas d'évacuation forcée des ayants-droits qui n'ont pas commis de négligence, pour cause de risque majeur, la responsabilité est transférée de fait aux autorités gestionnaires de fait du bien.

- Toute intervention pouvant réduire l'efficacité du *contreventement* global ou local d'un îlot bâti, comme sa *ductilité* sismique d'ensemble, ou pouvant créer un « *point dur* »³ doit être justifiée au regard des règles de construction parasismique en vigueur (voir § 2).

N-B : Les interventions sur le secteur Brancion doivent éventuellement prendre en compte les mitoyennetés suivantes, hors zone sinistrée :

- 1) La parcelle E 177 (hors zone sinistrée) comprend une construction qui enjambe le couréou Cachiardi sur trois niveaux, dont les planchers et la toiture prennent appui sur le mur porteur nord de la parcelle E 172 (nord-est de la zone sinistrée)
- 2) La parcelle E 564 (sud-est de la zone sinistrée) comprend une construction qui enjambe le couréou Cachiardi au nord-Est, sur trois niveaux, dont les planchers et la toiture prennent appui sur le mur porteur nord de la parcelle E 145 (hors zone sinistrée).

Le cahier de références n°7, préparé par l'atelier n°2, dédié aux conséquences de la dissolution accélérée du gypse sur le secteur Brancion, documente certaines informations contextuelles à prendre en compte, qui ne sont pas rappelées ici.

¹ La résistance élastique désigne la capacité de déformation sans dommage (faible pour la maçonnerie).

² La ductilité désigne la capacité d'endommagement, dissipant une partie de l'énergie sismique sans menacer les descentes de charges, donc la stabilité de l'ouvrage.

³ Un « point dur » au regard de l'action sismique est une partie d'ouvrage sensiblement plus résistante et moins déformable qui conditionne la réponse d'ensemble, pouvant aggraver les dommages autour, par torsion ou par percussion, par exemple.

2. Cadre réglementaire pour la protection des bâtiments en zone sismique 4

Attention :

Le présent cahier de références n'expose que les exigences relatives aux bâtiments, inclus leur reprise en sous-œuvre / traitement de sol.

Les conséquences économiques et sociales des fuites répétées et durables sur les réseaux enterrés dans les remblais lâches de la zone sinistrée doivent inciter à concevoir des ouvrages prévenant à l'avenir les fuites, prenant en compte les possibles tassements de sols d'origine sismique.

2.1. Cadre normatif général

Les règles de construction parasismique en vigueur doivent être respectées à Breil-sur-Roya, par application :

- des décrets n° 2010-1254 et n° 2010-1255 et n° 2010-1255, relatifs à la prévention du risque sismique et portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- 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** ».

N-B : Ces règles ont remplacé les règles antérieures. Tout autre texte en vigueur, remplaçant ou précisant les textes mentionnés dans ce document, est applicable à sa date d'entrée en vigueur.

Zonage sismique

Le *zonage sismique* de la France, actualisé le 1er mai 2011 (article D.563-8-1 du code de l'environnement) considère 5 zones de sismicité, numérotées selon un *aléa* croissant.

Breil-sur-Roya se trouve en zone 4, la plus élevée du territoire métropolitain, en raison de la proximité de failles actives, associées à des magnitudes élevées, ayant dans le passé déjà provoqué de graves destructions dans la région, et à Breil même.

Règles de construction parasismique en vigueur

Les règles de construction parasismique applicables aux **bâtiments « à risque normal »**, définies par l'arrêté du 22 octobre 2010, reposent sur les normes Eurocode 8 (EC8).

Les transpositions françaises des normes EC8 sont les normes NF EN 1998-1, NF EN 1998-3 et NF EN 1998-5 et leurs annexes nationales.

L'application des règles de construction doit être précédée d'une identification précise des conditions d'implantation (site, sol) et de conception de la structure, puis d'un soin particulier lors de l'exécution des travaux.

Caractère obligatoire de la construction parasismique

La réglementation n'impose pas de travaux de renforcement a priori des bâtiments antérieurs à chacune des modifications des règles de construction parasismique. Elles s'appliquent impérativement aux constructions neuves, et aux travaux modifiant significativement la structure des bâtiments existants.

En cas de travaux modifiant des constructions existantes, antérieures à la norme en vigueur, l'objectif de base réglementaire est la non-aggravation de la vulnérabilité de ces bâtiments.

Si les modifications structurelles sont importantes (voir plus loin), la nouvelle structure doit être dimensionnée avec les règles de construction du bâti neuf, en utilisant l'Eurocode 8, en y appliquant une *accélération nominale* (de calcul sismique) A_{gr} modulée selon la catégorie du bâtiment et la zone sismique. (voir plus loin)

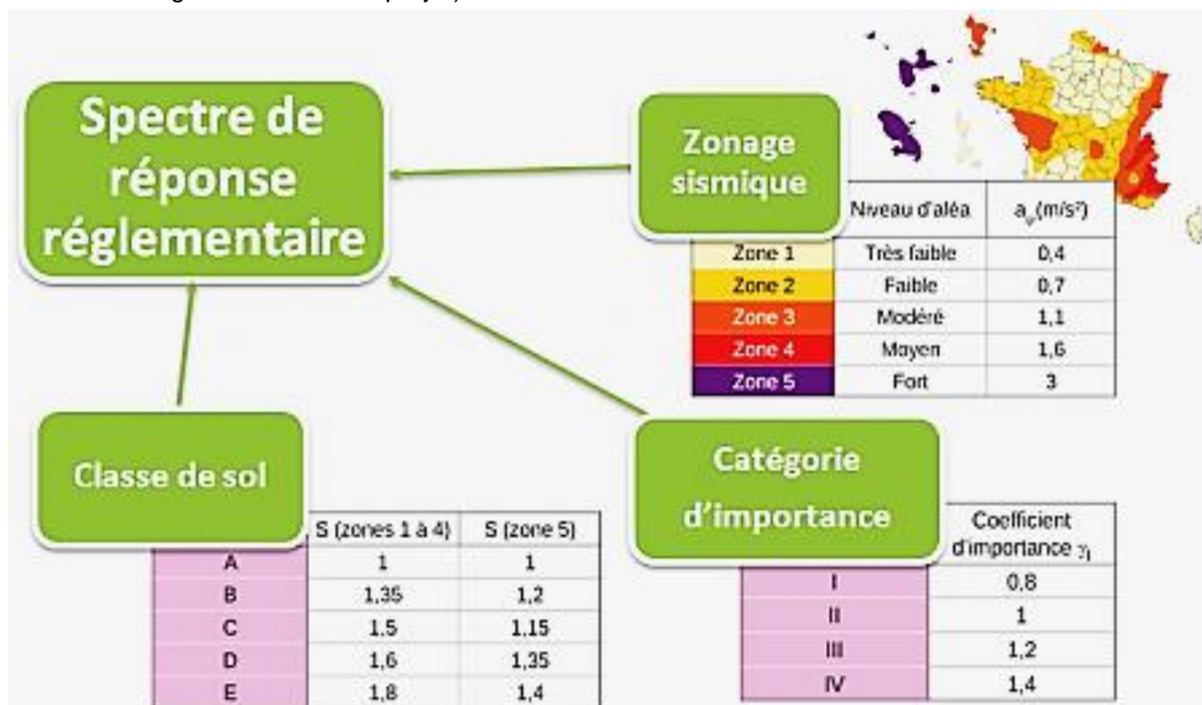
Ces obligations concernent ainsi les deux îlots sinistrés du secteur Brancion, qui d'un point de vue mécanique constituent chacun une construction continue. Le *contreventement*, comme la *ductilité* doivent être évalués pour l'ensemble. L'incidence de la création de « *points-durs* » à des fins de résistance locale doit être analysée à l'échelle de la partie de l'îlot impactée directement ou indirectement. S'il est envisagé de créer une rupture de continuité, par démolition d'un immeuble, chaque nouvel îlot doit ainsi être vérifié.

Paramètres locaux du calcul de dimensionnement (EC8)

Pour le dimensionnement des bâtiments, l'*accélération sismique* utilisée pour le calcul est déterminée par un *spectre de réponse* (graphique intégrant les coefficients de plusieurs paramètres).

L'EC8 offre la possibilité d'utiliser un spectre réglementaire forfaitaire dépendant :

- de la **zone de sismicité** (4 à Breil-sur-Roya) ;
- de la **catégorie d'importance du bâtiment**, définie en fonction de sa destination (catégorie II dans le village) ;
- de la **classe du sol** sur lequel est construit le bâtiment (définie par une étude géotechnique obligatoire avant tout projet).



Critères de choix du spectre de réponse réglementaire en France.

Catégorie d'importance du bâtiment projeté

Les ouvrages « à *risque normal* » sont les bâtiments, installations et équipements pour lesquels les conséquences d'un séisme sont circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat (article R.563-3 du code de l'environnement).

Ils 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 éventuelle :

Les immeubles concernés par la demande de l'atelier 3 appartiennent à la catégorie d'importance II.

- **Catégorie d'importance I :**

Ouvrages dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique (exemple : un bâtiment agricole) : pas de présence humaine prolongée, pas d'enjeu socioéconomique significatif.

- **Catégorie d'importance II :**

Ouvrages dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes (la plupart des bâtiments courants) :

- les bâtiments d'habitation individuelle ;
- les établissements recevant du public des 4e et 5e catégories au sens des articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation, à l'exception des établissements scolaires ;
- les bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 28 mètres ;
- les bâtiments d'habitation collective ;

- les bâtiments à usage commercial ou de bureaux, non classés Etablissements recevant du public (ERP), 4^{ème} et 5^{ème} catégories, au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation, pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes ;
- les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle pouvant accueillir simultanément un nombre de personnes au plus égal à 300 ;
- les bâtiments abritant les parcs de stationnement ouverts au public.

- **Catégorie d'importance III :**

Ouvrages dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes (enjeux élevés) ou en raison de leur importance socio-économique :

- les établissements scolaires ;
- les établissements recevant du public des 1^{re}, 2^e et 3^e catégories au sens des articles R. 123-2 et R. 123-19 du code de la construction et de l'habitation ;
- les bâtiments dont la hauteur dépasse 28 mètres ;
- les bâtiments pouvant accueillir simultanément plus de 300 personnes, appartenant notamment aux types suivants :
 - o les bâtiments à usage commercial ou de bureaux, non classés établissements recevant du public au sens de l'article R. 123-2 du code de la construction et de l'habitation ;
 - o les bâtiments destinés à l'exercice d'une activité industrielle ;
 - o les bâtiments des établissements sanitaires et sociaux, à l'exception de ceux des établissements de santé qui sont mentionnés à la catégorie d'importance IV ci-après ;
 - o les bâtiments des centres de production collective d'énergie quelle que soit leur capacité d'accueil.

- **Catégorie d'importance IV :**

Ouvrages dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public (liste non détaillée ici).

Accélération sismique de référence à retenir pour les études

La zone de sismicité et la catégorie de bâtiment permettent de définir l'*accélération de calcul* a_g à prendre en compte. Elle est déterminée de façon réglementaire, au niveau rocheux (avant modification éventuelle par des conditions de sol ou de site).

Ces valeurs d'accélération de référence ont été réévaluées à la hausse par Arrêté du 30 décembre 2020 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 » (NOR : LOGL2031538A)

En zone 4, de sismicité moyenne, pour la catégorie d'importance II, $a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$.

Paramètre de sol si la construction n'est pas fondée sur le rocher proche de la surface

Le paramètre de sol S est un coefficient qui caractérise la capacité de la ou des couches de sol (au dessus du rocher) à amplifier le mouvement sismique (*Effets de site lithologiques*), qui varie selon la nature et l'épaisseur du sol.

Cinq classes de sol, A à E, du plus rigide au plus souple (meuble), sont définies (voir norme NF EN 1998-1) ; à chacune est associée une valeur de paramètre de sol (coefficient multiplicateur de l'accélération au rocher). Les zones de sismicité 1 à 4 ont des coefficients distincts de ceux de la zone 5 de sismicité très élevée (qui concerne la Guadeloupe et la Martinique).

Une étude géotechnique est nécessaire pour déterminer la classe de sol à partir des densités et de l'épaisseur des couches au dessus du substratum rocheux.

Classe de sol	Paramètre de sol S, zones 1 à 4
A	1
B	1,35
C	1,5
D	1,6
E	1,8

Autres paramètres concernant le bâtiment lui-même

La nature du bâtiment conditionne sa réponse aux secousses qui parviennent dans ses fondations. Outre ses caractéristiques géométriques, la résistance de ses matériaux et de ses assemblages, la localisation et la valeur de ses masses et des raideurs conditionne la possibilité ou non d'amplifier les secousses qu'il reçoit par une possible résonance avec le sol (paramètre pris en compte par le spectre de réponse), mais il peut aussi atténuer les secousses, par une « réponse » faible, et par dissipation d'énergie sous forme de chaleur : amortissement sans dommages et capacité d'endommagement non destructrice.

Les différents paramètres de calcul prennent en compte ces phénomènes.

Lorsqu'un bâtiment est déjà fissuré avant un séisme (éventuellement après un premier séisme, ou comme au village de Breil, par dégradation du sol de fondation et déformations de proche en proche), plusieurs de ces paramètres de la construction peuvent être sensiblement plus défavorables qu'initialement. Le bâtiment a perdu une « réserve » de résistance, qui doit être restituée par des travaux appropriés, sinon, il doit être démolé en veillant aux responsabilités vis-à-vis des constructions voisines.

2.2. Application des règles de construction parasismique aux bâtiments existants

Règles applicables aux bâtiments existants

Pour les bâtiments existants, la réglementation n'impose pas a priori de travaux de renforcement. Néanmoins, le principe de base de la réglementation est le suivant : **si des travaux sont réalisés sur des bâtiments existants, ils ne doivent pas aggraver la vulnérabilité de ces bâtiments au séisme de référence** (valeur de calcul réglementaire).

Les règles de construction définies à l'article 4 de l'arrêté⁴ s'appliquent aux bâtiments existants dans les conditions suivantes :

1) Conditions générales (applicables au contexte Brancion) :

- *La catégorie d'importance à considérer pour l'application des dispositions constructives est celle qui résulte du classement du bâtiment après travaux ou changement de destination.*
- *Les travaux, de quelque nature qu'ils soient, réalisés sur des bâtiments existants ne doivent pas aggraver la vulnérabilité de ceux-ci au séisme.*
- *En cas de travaux visant uniquement à renforcer le niveau de résistance parasismique d'un bâtiment, le niveau de dimensionnement de ce renforcement est défini par la norme NF-EN 1998-3 décembre 2005 "évaluation et renforcement des bâtiments" à savoir quasi-effondrement⁵, dommage significatif, ou limitation des dommages, et relève du choix du maître d'ouvrage.*

2) Conditions particulières en zone de sismicité 4 (applicables au contexte Brancion) :

Pour les bâtiments de catégories d'importance II et ne vérifiant pas les conditions d'application du guide de construction parasismique des maisons individuelles DHUP CPMI-EC8-zones 3-4, édition 2021⁶, en cas de travaux ayant pour objet d'augmenter la SHON 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 $a_{gr} = 0,96 \text{ m/s}^2$.

Dans les cas visés aux quatre alinéas précédents, le remplacement ou l'ajout des éléments non structuraux respectera les dispositions prévues dans la norme NF EN 1998-1 septembre 2005 pour ces éléments, avec la valeur d'accélération $a_{gr} = 0,96 \text{ m/s}^2$.

Les dispositions de l'arrêté sont applicables aux travaux sur bâtiments existants faisant l'objet d'une demande de permis de construire, ou d'une déclaration préalable, ou d'une autorisation permettant un commencement de travaux.

⁴ Les principes de conception, de calcul et de dimensionnement applicables aux bâtiments sont ceux des normes NF EN 1998-1 septembre 2005, NF EN 1998-3 décembre 2005, NF EN 1998-5 septembre 2005, dites " règles Eurocode 8 " précisées par les documents dits " annexes nationales " (notamment les valeurs de calcul).

⁵ Le quasi effondrement » accepte la perte de la construction (non réparable), mais pas celle de ses occupants.

⁶ Ou le calcul et de dimensionnement applicables aux bâtiments des 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.

Obligations codifiées (Code de la Construction et de l'Habitation)

Le décret n° 2000-892 du 13 septembre 2000 portant modification du Code de la Construction et de l'Habitation et du décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique, y a inséré un alinéa supplémentaire : « *Les dispositions ci-dessus s'appliquent (...) aux modifications importantes des structures des bâtiments existants* ».

Un permis de démolir est une autorisation d'urbanisme, obligatoire dans le village de Breil, au titre des abords des monuments historiques, de même que les autorisations préalables concernant les modifications visibles des constructions.

En zone sismique, et particulièrement en zone 4, la démolition d'un bâtiment, ou de parties d'ouvrages, sur une parcelle bâtie dans un îlot continu par mitoyennetés, ainsi que la création d'ouvrages de sécurisation permanents (contreforts et autres), nécessitent une autorisation d'urbanisme, la conformité aux règles de construction parasismique pour le bâti existant, et un accord entre copropriétaires indivis des murs mitoyens directement concernés par l'impact des travaux. Ces modifications pouvant impacter la sécurité des tiers, sont concernées par cette obligation de vérification du comportement sismique d'ensemble n'aggravant pas la situation antérieure de l'îlot, en l'occurrence pour le secteur Brancion, la situation antérieure aux dommages résultants des fuites d'eaux abondantes, durables et répétées dans le gypse, notamment les aggravations brutales vers 2010 et en octobre-novembre 2020⁷.

Article 662 du Code civil

L'un des voisins ne peut pratiquer dans le corps d'un mur mitoyen aucun enfoncement, ni y appliquer ou appuyer aucun ouvrage sans le consentement de l'autre, ou sans avoir, à son refus, fait régler par experts les moyens nécessaires pour que le nouvel ouvrage ne soit pas nuisible aux droits de l'autre.

L'Ordonnance n° 2022-1076 du 29 juillet 2022 visant à renforcer le contrôle des règles de construction a précisé les articles suivants du code de la Construction et de l'Habitation en ce sens.

« Art. L. 122-11. – A l'achèvement des travaux de construction ou de rénovation des bâtiments soumis à permis de construire, le maître d'ouvrage transmet à l'autorité qui a délivré cette autorisation un document attestant du respect :

«1^o Pour les projets situés dans une zone présentant un certain niveau de sismicité défini par décret en Conseil d'Etat et pour des bâtiments dont les caractéristiques sont définies par décret en Conseil d'Etat, des règles de prévention des risques sismiques prévues par l'article L. 132-2;

«2^o [risque cyclonique] ;

«3^o [terrains argileux].

« Art. L. 122-12. – Les attestations mentionnées aux articles L. 122-9, L. 122-10 et L. 122-11 sont établies, selon les catégories de bâtiments par:

«1^o Un contrôleur technique ;

«2^o Un bureau d'étude ;

«3^o L'architecte, pour les attestations mentionnées aux articles L. 122-9 et L. 122-10;

«4^o Un organisme ayant certifié, au sens des articles L. 433-3 à L. 433-10 du code de la consommation, la performance énergétique du bâtiment et ayant signé une convention avec le ministre chargé de la construction, pour l'attestation mentionnée à l'article L. 122-9 du présent code ;

«5^o Les personnes répondant aux conditions prévues par l'article L. 271-6 pour l'attestation mentionnée à l'article L. 122-9, pour les maisons individuelles.

«Ces personnes ou organismes doivent avoir contracté une assurance professionnelle pour ce type de mission.

⁷ Un guide explicitant la démarche à adopter pour le traitement des bâtiments existants 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 1998-3 décembre 2005).

Ce guide n'a pas de statut réglementaire ni normatif. Il constitue une aide facultative pour des renforcements qui sont eux obligatoires en cas de modifications spécifiées par la réglementation. Il s'appuie sur des exemples de démarches de diagnostic et renforcement de bâtiments existants pour illustrer les méthodologies et stratégies de renforcement décrites dans l'Eurocode 8. Il livre également (en annexe) des outils techniques adaptés aux différents intervenants sur les projets (rapports de visite, études de cas, fiches techniques)

Liens : [Diagnostic renforcement bâti existant séisme \(PDF - 4.68 Mo\)](#)

[ANNEXES - Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme \(PDF - 5.83 Mo\)](#)

« Pour réaliser ces attestations, ces personnes ou organismes doivent, à l'exception de ceux mentionnées aux 3^o, 4^o et 5^o, être agréés.

« Par dérogation, pour les maisons individuelles, les attestations mentionnées à l'article L. 122-11 peuvent être établies par tout constructeur, au sens de l'article L. 1792-1 du code civil.

« **Art. L. 122-13.** – Les attestations mentionnées à la présente section sont transmises par le maître d'ouvrage à un service de l'Etat ou à un organisme désigné par décret en Conseil d'Etat.

« **Art. L. 122-14.** – Un décret un Conseil d'Etat définit les modalités d'application de la présente section. Il détermine notamment :

« 1^o Le contenu et les modalités de réalisation des attestations mentionnées aux articles L. 122-7 à L. 122-11;

« 2^o Les compétences et qualifications des personnes et organismes agréés mentionnés à l'article L. 122-12;

« 3^o Les modalités de transmission, d'exploitation, d'évaluation et de vérification des attestations par l'organisme désigné en application du premier alinéa de l'article L. 122-13. »

Jurisprudence

La question de l'étendue et des conséquences juridiques du non-respect des normes de construction parasismique, lors de travaux modifiant, en la réduisant, la résistance aux séismes des bâtiments existants s'est posée à plusieurs reprises, la responsabilité de leurs auteurs a été systématiquement engagée dans ce cas de réduction de résistance sismique.

Il a même été statué que la notion de « modification importante » ne s'appréciait pas au regard d'une liste type de travaux, ce qui est logique, car de multiples facteurs peuvent intervenir (modification des masses, des raideurs, de la ductilité...).

Par exemple, par un arrêt en date du 27 Février 2018, la Cour d'appel de CHAMBERY a estimé que les non-conformités aux normes parasismiques constituent un désordre de nature décennale. Suite à un pourvoi des assureurs des entreprises incriminées, reprochant à la Cour d'appel de ne pas avoir précisé à quels travaux énumérés par l'arrêt du 29 mai 1997 correspondraient les modifications « importantes » ainsi mises en œuvre par la société *B... bâtiment*, alors que les travaux réalisés n'avaient pas impliqué les termes précis de l'arrêt, la Cour a refusé d'entrer dans le débat technique et rejeté le moyen, validant le raisonnement suivant :

« attendu qu'ayant relevé que le décret du 14 mai 1991, modifié par celui du 13 septembre 2000, rendait les normes parasismiques applicables aux modifications importantes des structures des bâtiments existants et constaté que les travaux réalisés par la SCI avaient apporté de telles modifications, la cour d'appel, qui en a exactement déduit que ces normes devaient s'appliquer, a légalement justifié sa décision »

Par son arrêt du 19 Septembre 2019 (C.Cass., Civ. 3^{ème}, 19 Septembre 2019, n° 18-16986), la 3^{ème} Chambre civile de la Cour de cassation apprécie aussi que les sanctions pour non-respect des règles parasismiques peuvent trouver à s'appliquer pour les travaux sur existants, lorsque ces travaux présentent une certaine ampleur.

Les travaux de rénovation sur existants, comme les démolitions partielles, exigent donc une vigilance toute particulière en zone sismique 4, dès lors qu'ils constituent des « modifications importantes des structures des bâtiments existants », ce qui implique une maîtrise d'œuvre et un contrôle technique qualifiés.

2.3. Prise en considération du PPRN approuvé le 26 janvier 2015

Le PPRN « Mouvements de terrain » en vigueur à Breil-sur-Roya a été approuvé par le Préfet le 26 janvier 2015.

Le secteur Brancion est intégralement inclus dans la zone rouge R* qui correspond à la « présence d'au moins un aléa mouvements de terrain de grande ampleur », en l'occurrence pour le secteur Brancion, les tassements dus à la dissolution accélérée du gypse.

Les effets des démolitions ou des modifications de structures prévus sur le secteur concerné ne sont pas explicitement pris en compte au titre des interdictions et autorisations, ni l'incidence des séismes sur les sols fragilisés. Toutefois, ils entrent dans le champ des modifications importantes.

L'article II.4 du règlement du PPRN conditionne certaines autorisations possibles sur les immeubles existants, sous réserve :

- a) De ne pas aggraver les risques ou leurs effets et notamment de ne pas augmenter significativement le nombre de personnes exposées aux risques ;
 - b) De ne pas créer de nouveaux risques ;
 - c) De préserver les couloirs naturels des ravines et vallons conformément aux dispositions du présent article ;
 - d) D'appliquer à tous les projets nouveaux ou sur biens existants les prescriptions suivantes (hors travaux d'entretien courant sans modification de structure) :
 - Prescriptions relatives aux rejets d'eaux : [Conserver les évacuations dans les réseaux ad hoc] ;
 - Prescriptions relatives à la stabilité des terrains :
 - o Pour tout projet, une étude géologique et géotechnique devra être réalisée préalablement au projet (...) Elle devra préciser l'aléa identifié par le PPR au droit du projet (...) Elle définira les moyens à mettre en œuvre pour garantir la sécurité du projet vis-à-vis de l'aléa identifié et pour éviter une aggravation des risques sur les parcelles voisines. (...)
- Elle devra traiter notamment des aspects suivants : (...)
- Niveau et type de fondations,
 - Instabilité due aux (...) surcharges (bâtiments)
 - Conception des (...) réseaux et modalités de contrôle de ces réseaux,
 - Gestion et collecte des eaux pluviales sur l'emprise de l'unité foncière et au droit du projet.
 - Contraintes particulières pendant la durée du chantier.

1°) [Constructions neuves...]

2°) Les projets autorisés sur les biens et activités existants, sous ces conditions, sont :

- Les aménagements d'accès ;
- Les travaux d'entretien et de gestion courants des bâtiments implantés antérieurement à l'approbation du plan [façades, toitures...] ;
- Les extensions limitées à 15 m² de surface de plancher ;
- Les changements de destination [sauf bâtiment de classe 1 ou 2 ou les ERP des types J, R, S et U]⁸ ;
- Sous réserve que le sinistre ne soit pas causé par un risque pris en compte par le présent plan, la réparation des bâtiments totalement ou partiellement sinistrés ; (...).

3°) Projets autorisés sur les biens et activités existants au cœur du vieux village de Breil-sur-Roya, en rive gauche de la Roya :

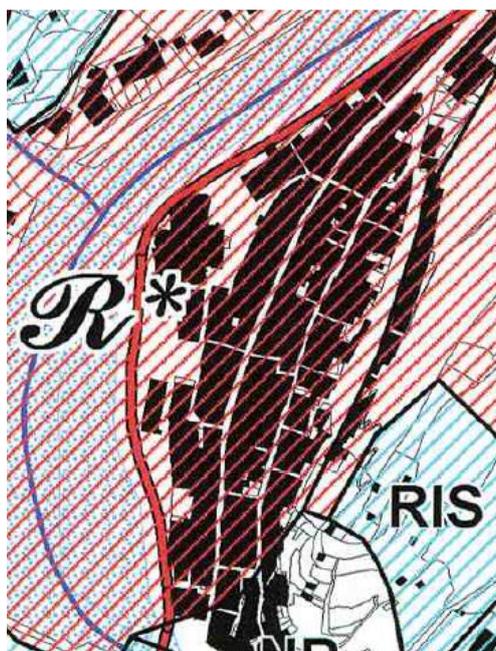
Sous réserves supplémentaires :

Du respect des prescriptions issues des études hydrogéologique et géotechnique complémentaires menées sur le vieux village,

De la réalisation d'une étude hydrogéologique et géotechnique préalable au projet permettant de définir les conditions de réalisation et les moyens à mettre en œuvre pour garantir la sécurité dudit projet :

- Les projets autorisés au 2° du présent article,
- **Le confortement des bâtis.**
- **La restructuration et la reconstruction des bâtiments totalement ou partiellement sinistrés.**

⁸ J : Structures d'accueil pour personnes âgées ou personnes handicapées ; R : Établissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement ; S : Bibliothèques, centres de documentation ; U : Établissements de soins



ZONE ROUGE : Zone inconstructible due à un aléa de grande ampleur de chute de blocs et / ou d'au moins un autre aléa

Extrait du plan de zonage du PPRN Mouvements de terrain de Breil-sur-Roya.

Le PPRN Mouvements de terrain autorise les reconstructions, en cas de démolition de bâtiments sinistrés non sécurisables, par exemple sur fondations profondes ancrées sous la zone de gypse altéré.

Toutefois le porter à connaissance du risque inondation (voir cahier de références n°4) exclut toute reconstruction sur la majeure partie du secteur Brancion.

2.4. Incidence de la participation du FPRNM au financement des mesures de prévention

La Loi n 95-101 du 2 février 1995, relative au renforcement de la protection de l'environnement (Loi BARNIER), dans son Titre II (Dispositions relatives à la prévention des risques naturels) expose (Chapitre Ier) des mesures visant la sauvegarde des populations menacées par certains risques naturels majeurs, et l'utilisation du *Fonds de prévention des risques naturels majeurs* (FPRNM).

Art. 11. - Sans préjudice des dispositions prévues au 6 de l'article L. 131-2 et à l'article L. 131-7 du code des communes, lorsqu'un risque prévisible de mouvements de terrain, d'avalanches ou de crues torrentielles menace gravement des vies humaines, les biens exposés à ce risque peuvent être expropriés par l'Etat dans les conditions prévues par le code de l'expropriation pour cause d'utilité publique et sous réserve que les moyens de sauvegarde et de protection des populations s'avèrent plus coûteux que les indemnités d'expropriation. (...)

Toutefois, pour la détermination du montant des indemnités qui doit permettre le remplacement des biens expropriés, il n'est pas tenu compte de l'existence du risque.

Le Code de l'Environnement (Articles R 561-12 et suivants) cadre l'utilisation de ce fonds (Voir Cahier de références n°12 de l'atelier n°7 : Eléments définissant le contexte juridique du droit de construire et aménager, et du règlement du sinistre Brancion, dans le village de Breil-sur-Roya).

Le secteur Brancion pourrait justifier de l'utilisation du fonds pour les opérations suivantes :

- Expropriation ou acquisition amiable de biens exposés à un risque majeur, éventuellement déjà fortement endommagés par une catastrophe naturelle qui pourraient subir à nouveau des dommages s'ils étaient reconstruits sur place
- Etudes, travaux ou équipements de prévention ou de protection contre les risques naturels des collectivités territoriales (ETECT)
- Opérations de reconnaissance et travaux de comblement ou de traitement des cavités souterraines et des marnières

En outre, la loi cadre les modalités de gestion des biens acquis par le biais du FPRNM.

La loi impose d'évaluer et de comparer le coût de l'acquisition-démolition avec celui de la sécurisation du bien pour arbitrer le choix à opérer, et le justifier.

Dans les deux cas, la prise en compte du coût du maintien du niveau de résistance sismique précédant le sinistre est impérative :

- En cas de démolition, prise en compte du coût du renforcement des immeubles impactés par la modification du contreventement et du comportement global de l'îlot.
- En cas de réparation, idem pour les immeubles bénéficiant des travaux et ceux qui sont impactés par ces travaux.

Nota :

Il ne doit pas être oublié que plusieurs immeubles du secteur Brancion, parmi ceux qui n'ont pas été évacués avant et après la tempête Alex, avaient déjà subi des dommages avant cet événement, dommages localement réactivés après. En raison du contexte, ces immeubles sont concernés par la participation du FPRNM à leur renforcement, leur réparabilité excluant d'entrée leur achat-démolition, plus onéreux.

La résistance initiale d'ensemble des immeubles du secteur devra être rétablie au titre des mesures visant la sauvegarde des populations menacées par certains risques naturels majeurs, et l'impact des travaux/démolitions réalisés sur les immeubles voisins dans l'îlot conforme à la réglementation.

3. Vérifications relatives au risque sismique pour les deux îlots du secteur sinistré

Ce chapitre résume la méthodologie et les objectifs du diagnostic sismique, pour information générale.

3.1. Objectifs des vérifications

Compte tenu de ce qui précède, l'atelier n°3 de la Conférence de consensus 2022, pour la réhabilitation du village de Breil, demande, pour tout projet modifiant le comportement sismique d'un îlot bâti dans le village, et en particulier dans le secteur Brancion, qu'il soit procédé à un certain nombre de vérifications relatives au risque sismique, en addition des vérifications statiques.

N'ayant pas eu communication du CCTP des études (sols & structures) entreprises en mai 2022 sur le secteur Brancion élargi, malgré leur demande, les membres de l'atelier ignorent si les vérifications sismiques ont été explicitement demandées, ou implicitement réalisées par application de la réglementation en vigueur. Ils ignorent en outre si l'analyse porte sur la globalité des deux îlots ou seulement sur quelques parcelles.

Dans ce contexte, le présent chapitre du cahier de références décrit sommairement la démarche d'une étude de risque incluant la préoccupation sismique telle que réglementée, à titre d'information de la population et des responsables divers.

Les objectifs de l'étude globale demandée par l'atelier pour les deux îlots du secteur Brancion, et le cas échéant pour tout autre îlot du village également concerné par des modifications importantes ou ayant vu sa résistance très réduite par endommagement, sont :

- L'évaluation et la prise en compte de la vulnérabilité accrue de tous les immeubles, suite aux négligences d'entretien des canalisations (voir cahier de références n°7, de l'atelier 2), qui ont accéléré l'affaissement des fondations de certains murs, et des déformations de proche en proche, provoquant des ruptures dans les murs contribuant au contreventement, voire des affaissements de planchers y contribuant également.
- La remise à niveau de la résistance sismique globale initiale des îlots par des travaux appropriés, même si cette résistance était modérée.
- La prévention de l'augmentation de la vulnérabilité sismique des immeubles voisins des démolitions ou des renforcements structurels, pouvant réduire le *contreventement* et la *ductilité*, ou créant des « *points durs* », des phénomènes de torsion, ou autre facteur non souhaitable.

L'étude de la vulnérabilité aux séismes doit aboutir à des propositions de travaux pertinents, conformes aux exigences réglementaires précitées, et visant la réparation du préjudice technique lié au non-entretien des canalisations et des sols à proximité des bâtiments.

3.2. Facteurs du risque sismique des constructions

Un *risque* est défini, pour un bien ou un ensemble de biens sur un site donné, par la conjonction :

- de l'*aléa* (nature et violence probable de l'agression),
- de la *vulnérabilité* des biens exposés (configuration et résistance plus ou moins appropriées pour y résister),
- du niveau d'enjeux exposés (humains, patrimoniaux et économiques).

S'agissant du risque sismique, les paramètres peuvent être définis comme suit.

Aléa

L'évaluation de l'*aléa sismique réglementaire* d'un site donné résulte du calcul probabiliste, pour une période de référence (choisie en fonction du mode de calcul), du niveau d'accélération sismique pouvant être atteint en ce site, inclus les différents coefficients liés au contexte.

Pour le secteur Brancion, les études de sol antérieures, actuellement vérifiées et complétées, permettent la prise en compte réglementaire de l'aléa sismique : *effets directs des secousses* et *effets induits* comme l'aggravation des tassements de sol.

N-B : En France, comme dans de nombreux pays exposés au risque sismique, le traitement des mauvais sols est pratiqué à titre préventif, afin de réduire l'aléa.

Vulnérabilité des constructions

Entre les constructions traditionnelles et les bâtiments respectant les règles de construction parasismique, les différences de niveau de *vulnérabilité sismique* sont importantes et conditionnent in fine le risque. C'est pourquoi la réglementation interdit d'aggraver cette vulnérabilité par négligence ou par des travaux inappropriés sur les bâtiments anciens.

Un diagnostic sismique est nécessaire pour évaluer la vulnérabilité d'origine et/ou la vulnérabilité acquise par dommages.

Facteurs affectant la vulnérabilité sismique caractéristique des types de bâtiments

Différents facteurs conditionnent le niveau global de vulnérabilité d'une structure. Ces facteurs doivent être pris en compte de manière générale pour le diagnostic de tous les types de structures, avec ou sans conception parasismique, calculées aux séismes ou non.

- Qualité de la mise en œuvre : des matériaux et des assemblages.
- Etat d'entretien : un bâtiment dont la structure est dégradée est significativement moins résistant.
- Régularité. Plus on s'éloigne de la régularité (descente de charges directes vers les fondations et le sol résistant, localisation des raideurs et masses conditionnant les déformations (en élévation et en plan) plus grande est la vulnérabilité du bâtiment.
- *Ductilité*. L'aptitude à dissiper l'énergie du séisme par un endommagement non fragile réduit l'action sismique, et peut également sortir un bâtiment de la résonance avec le mouvement du sol (amplification des secousses par la structure).
- Exposition à des dommages d'origine externe. Incidence de la vulnérabilité des ouvrages limitrophes, des sols endommagés, etc..
- *Modifications inappropriées du bâtiment initial.*
- *Autres...*

L'identification de ces facteurs permet de les améliorer par le projet, et a minima de ne pas les aggraver.

Enjeux

Les constructions du secteur Brancion représentent plus de 15 000 m² de planchers.

La population était de l'ordre de 150 à 200 résidents avant les évacuations, et possiblement autant d'occupants, voire plus, à certaines heures dans les ERP : bar des Alpains et hôtel Le Roya, évacués, ainsi que la supérette SPAR, le restaurant Le Biancheri et les salles de la Ca de Breil.

La valeur patrimoniale des immeubles et de la place entourant l'ensemble monument-historique « église – chapelle » est majeure dans le village, cette place aujourd'hui désertée ayant été pendant des siècles le pôle socio-culturel du village.

Risques

L'évacuation de 9 immeubles a visé une réduction du risque humain, en diminuant mathématiquement l'enjeu, mais pas les risques économiques directs (vulnérabilités foncières et mobilières) et indirects (pertes des valeurs d'exploitation) continuent d'augmenter avec la vulnérabilité due aux dégradations.

L'évaluation de la valeur patrimoniale et historique des constructions et du risque socio-culturel de leur perte est plus subjective.

3.3. Reconnaissance préliminaire des bâtiments en vue de leur diagnostic

Finalités de la reconnaissance préliminaire d'un bâtiment

Au-delà de l'évaluation probabiliste des pertes selon la classe du bâtiment (voir annexe 1), la réduction effective de sa vulnérabilité nécessite l'analyse sismique de la construction sur son site, qui vise :

- La définition du comportement mécanique / dynamique global du bâtiment ;
- L'identification des faiblesses de chaque élément du système constructif (fondations, *structure principale, structure secondaire, éléments non structuraux*) en fonction de sa nature ;
- L'identification des faiblesses des systèmes d'assemblages entre ces éléments ;

- L'identification des facteurs aggravants du comportement sismique global de la construction, qui peuvent être
 - a. les implantations inappropriées des masses et des raideurs, la présence sans joints de rupture d'ouvrages au comportement sismique très différent ;
 - b. L'identification des facteurs aggravants du comportement global de la construction exposée à des dégradations, comme la détérioration des sols, l'endommagement des matériaux, des assemblages...

L'étape de reconnaissance, préalable à l'estimation de la capacité résistante du bâtiment par les méthodes d'ingénierie courantes, est destinée à rassembler le maximum d'informations utiles à l'analyse du comportement des bâtiments sous séismes.

Contrairement aux bâtiments neufs, pour lesquels les hypothèses relatives aux matériaux sont connues, dans le cas des bâtiments existants, la connaissance précise des éléments constructifs est plus aléatoire. Il est donc important d'y consacrer le temps et les moyens nécessaires pour réduire les incertitudes.

Collecte préalable d'informations générales sur le bâtiment à traiter

Il s'agit dans un premier temps de rassembler des informations générales sur les enjeux à protéger afin de définir un cadre pour les stratégies opérationnelles. Elles concernent le bâtiment lui-même, sa valeur patrimoniale, les enjeux socio-économiques associés, les données sur les aléas régionaux et locaux, et les documents disponibles pour les analyses ultérieures.

N-B : Certaines de ces informations seront définies de façon plus descriptive pendant la « phase de reconnaissance ».

La description précise de l'état du bâtiment permet de compléter les connaissances et de lister les informations manquantes à rechercher.

A l'issue de cette campagne de reconnaissance préliminaire, les premiers objectifs du projet de diagnostic-renforcement peuvent être décrits et la liste des études et sondages à réaliser établie.

Cette étape de reconnaissance préliminaire est a priori en cours sur certains bâtiments du secteur Brancion au moment de la rédaction de ce cahier de références.

Elle peut être complétée par une campagne de levés de plans et/ou des prélèvements et sondages divers pour analyse des matériaux de sol et de structure.

3.4. Pré-diagnostic sismique

Le pré-diagnostic sismique des bâtiments permet d'identifier les causes prévisibles de dommages, et d'orienter les analyses et vérifications en vue d'un diagnostic plus approfondi, appuyé par le calcul, si ce pré-diagnostic est alarmant.

Chaque configuration, et chaque type de structure présente des caractéristiques de vulnérabilité qui lui sont propres. L'ingénierie parasismique traite de l'ensemble des problèmes qui ne sont pas exposés ici.

N-B : Le diagnostic est nécessaire en cas de configuration défavorable, il faut alors procéder à des analyses complémentaires expertes pour évaluer la réalité et le niveau de la menace, et prendre des dispositions si un risque est avéré : renforcer le bâtiment trop dangereux, ou l'évacuer si sa protection / son renforcement sont impossibles techniquement ou financièrement.

La « check-list » suivante a une valeur indicative limitée au contexte du village de Breil.

Vérification des paramètres du site / Etudes géotechniques

Les études géotechniques ont pour but de décrire les sols, et plus particulièrement le comportement du site d'implantation du bâtiment sous séisme, incluant l'effet de la saturation d'eau dans la nappe (fluctuations saisonnières incluses).

Aux études géotechniques courantes s'ajoutent donc les spécificités sismiques :

- Aspects vibratoires : identification du spectre de réponse en fonction du type de sol, et/ou évaluation du pic spectral. Evaluation des effets de site.

A cet égard, les enregistrements de vibrations (notamment l'analyse dite *h/v*) apportent des informations intéressantes avec des moyens accessibles et des précautions d'interprétation.

- Identification et analyse des sols instables aux abords du bâtiment.

NB : A priori, le village de Breil n'est pas concerné par les paramètres suivants : faille sismogène traversant le site, liquéfaction des sols, effet de site topographique...

Vérification de la présence d'hétérogénéités sous les fondations

Les conditions de fondation sont-elles homogènes ? Des tassements différentiels peuvent-ils survenir pendant les secousses ? Préexistent-ils sur certains bâtiments du secteur à analyser ?

Les études en cours pourraient être complétées et précisées à cet égard à l'échelle des deux îlots au moins.

Vérification du système porteur et de contreventement vertical

En l'absence de joints parasismiques tels qu'on les met en œuvre pour les constructions neuves, l'analyse doit se faire par blocs mécaniquement indépendants, soit à l'échelle de l'îlot dans le cas du secteur Brancion. En effet pendant les secousses, l'énergie et les déformations se transmettent de proche en proche, en l'absence de joint de rupture de largeur suffisante⁹.

Le diagnostic doit comparer la situation, avant et après travaux, pour justifier les choix opérés.

- Lever 3D de chaque îlot inclus les niveaux de fondations très variables.
- Identification et description des systèmes porteurs des bâtiments constituant l'îlot.
- Identification, parmi les murs (porteurs ou non) des éléments qui peuvent être considérés comme appartenant à la structure principale (Contreventement).
 - a. Nature, homogénéité et régularité d'implantation des contreventements. Modélisation permettant un calcul de la position des centres des masses et de rigidité à différents niveaux.
 - b. Vérification de la superposition ou non des contreventements entre les étages, avec leurs dimensions respectives.
 - c. Homogénéité des hauteurs d'étages. Présence de niveaux décalés, etc. (Différence de rigidité des niveaux successifs exprimée en pourcentage, calcul de la rigidité des niveaux dans les directions principales)
 - d. Vérification des écarts éventuels des centres de rigidité d'un étage à l'autre.

N-B : Le décollement, voire le renversement hors plan des façades, en l'absence de chaînages, est une pathologie sismique fréquente des maisons en maçonneries de pierres en îlots continus.

- Relevé des dégradations susceptibles d'affecter l'intégrité de la structure porteuse (principale et secondaire) et son comportement mécanique : dégradation et autres pathologies des matériaux et assemblages.
- Pré-conclusions sur les points faibles, sur les affaiblissements consécutifs aux tassements de sols et dommages acquis, et aux démolitions envisagées.

Vérification des planchers et du contreventement horizontal

- Identification de(s) type(s) de plancher(s) du bâtiment (voûtes, poutres-dalles, poutre-plancher bois...) et de leur contribution possible au contreventement.
- Présence éventuelle de tirants entre façades.
- Précisions sur la nature des liaisons aux porteurs, et évaluation des ruptures possibles pendant les inversions d'efforts.
- Précisions sur les portées des planchers, et sur la présence et les dimensions des trémies. Evaluation de la raideur des planchers dans leur plan, dans les deux directions.
- Relevé des dégradations susceptibles d'affecter l'intégrité du plancher et son comportement mécanique sous l'effet des tractions et compressions possibles) : dégradations et autres pathologies des matériaux et assemblages.

⁹ N-B : par simplification, on arrête les îlots aux ruelles, même si elles sont localement recouvertes par des salles qui subiront les forces d'inertie déphasées des îlots sur lesquels elles prennent appui.

- Pré-conclusions sur le fonctionnement des *diaphragmes* et sur les points faibles nécessitant correction.

Vérification des toitures (charpentes et couvertures)

Les toitures du secteur Brancion sont trop souples pour constituer un diaphragme contribuant au contreventement.

N-B : Les quatre terrasses sont assimilées à des planchers, sur voûte (parcelle E 572), sur voûte avec dalle armée (parcelle E 174) et sur poutres et dalle (parcelles E151 et E 154).

Les vérifications visent leur comportement pendant les secousses, et leur état en général.

- Identification de(s) type(s) de toiture du bâtiment
- Présence d'un chaînage (notamment périphérique) au niveau de la toiture.
- Nature des liaisons aux porteurs.
- Portées entre porteurs. Evaluation de la raideur globale des toitures vis-à-vis des actions dans le plan horizontal, dans les deux directions.
- Relevé des dégradations et pathologies des matériaux et assemblages.
- Pré-conclusions sur le comportement des toitures et sur les points faibles nécessitant correction.

Vérification des baies

Les ouvertures constituent des zones faibles, qui peuvent avoir un comportement de fusible dissipatif (notamment les ruptures d'allèges) sous réserve de danger aux personnes exposées.

- Evaluation des faiblesses de mise en œuvre, ou des dégradations.
- Pré-conclusions sur l'aptitude aux déformations des baies et sur les points faibles nécessitant correction.

Vérification des éléments non structuraux

D'autres éléments, structuraux ou non, peuvent présenter un risque significatif (pour eux-mêmes, pour les usagers ou pour d'autres parties de l'ouvrage). Il peut s'agir par exemple de balcons, ouvrages sur toiture, acrotères, conduits de fumée entaillant les murs, souches de cheminées instables...

Ils nécessitent alors des investigations comparables à celles des éléments principaux.

- Identification de leur nature mécanique et de leurs assemblages à la structure principale.
- Relevé des dégradations susceptibles de les affaiblir : dégradation et autres pathologies des matériaux et assemblages.
- Pré-conclusions sur leur aptitude aux déformations sans rupture et sur les points faibles nécessitant correction.

3.5. Diagnostic et prescriptions préliminaires au projet

L'évaluation préliminaire de la résistance de la structure doit être menée en suivant une méthode d'ingénierie sismique reconnue.

Il s'agit en premier lieu, d'utiliser des calculs simplifiés pour avoir une idée du niveau de résistance globale de l'îlot, et identifier les zones les plus vulnérables.

Pour le comportement sous séisme de ce type de constructions anciennes, les analyses en poussée progressive sont généralement plus appropriées que les analyses modales spectrales.

La réalisation d'enregistrements h/v au sol et sur les planchers est, dans le cas des constructions anciennes un indicateur de possible *résonnance*, facteur de réponse sismique élevée, appelant une modification fréquentielle de la structure. Le renforcement, qui modifie la fréquence propre du bâtiment, ne doit pas non plus s'accompagner d'une augmentation de la réponse sismique de l'immeuble concerné, ni d'un différentiel oscillatoire trop important avec les maisons mitoyennes augmentant la vulnérabilité de celles-ci.

La littérature relative à l'approche des constructions anciennes, notamment en maçonnerie est importante. L'Eurocode n°8, partie 3, est une référence récente et réglementaire en la matière.

L'analyse des deux îlots du secteur Brancion devrait se faire pour trois scénarios, en modifiant les paramètres du modèle :

- Avant les tassements de sols et fissurations récents.
- En prenant en compte les dommages actuels (sols et structures), qui réduisent la capacité d'*amortissement*, la résistance en compression des sols-fondations, la résistance au *cisaillement* des murs participant au contreventement vertical, et la contribution au contreventement horizontal des planchers endommagés.
- En prenant en compte les démolitions projetées et les renforcements envisagés.

La modélisation, qui permet de varier les paramètres des possibles renforcements, doit aboutir à la définition d'un projet global garantissant :

- 1) que les effets prévisibles des tassements de sols sont réduits par des dispositions appropriées (reprises en sous-œuvre, renforcement des sols...)
- 2) que les désordres apparus avec la dissolution du gypse sont compensés par les dispositions du renforcement ;
- 3) que les effets potentiellement indésirables des démolitions et des renforcements sont évités.

Les pré-conclusions peuvent alors être tirées pour orienter le projet conformément aux attentes réglementaires, et aux intérêts du redéveloppement socio-économique et patrimonial du village.

4. Glossaire pédagogique

Le vocabulaire retenu pour constituer ce glossaire dédié au risque sismique inclut quelques définitions de mots non utilisés dans le cahier de références, pour information complémentaire.

N-B : Les définitions venant de l'anglais sont celles des Nations-Unies.

Accélération au rocher horizontal (En anglais PGA : Pic Ground Acceleration).

Variation de la vitesse en fonction du temps, l'accélération au rocher est un des paramètres utilisés en sismologie de l'ingénieur pour caractériser le mouvement vibratoire d'un site. Elle est généralement localement amplifiée ou atténuée par les conditions de site (épaisseurs de sols meubles, topographie). Elle est exprimée en m/s^2 ou en pourcentage de g (accélération de la pesanteur). L'évaluation des pics d'accélération du sol sous l'effet des séismes possibles sur une région donnée est le premier élément de l'évaluation du mouvement sismique pour l'application des règles de calcul réglementaire.

Accélération de la pesanteur (g)

Accélération due à la force gravitationnelle d'attraction terrestre. Elle est généralement appelée g et a une valeur de $9.81 m/s^2$. Elle s'exerce de façon permanente, verticale et orientée vers le bas, sur les structures qui sont dimensionnées pour y résister. Les accélérations « accidentelles » du séisme, appliquées de façon alternée et dans toutes les directions, modifient cet équilibre statique de la structure.

Accélération nominale

Valeur de l'accélération réglementaire au rocher horizontal, pour une zone sismique donnée et une classe de bâtiment définie par arrêté, pour application des règles de construction parasismique. C'est sur ce niveau d'accélération qu'est calé le *spectre de réponse* du site.

Accélération de la structure (ou pseudo accélération)

Les accélérations, « en réponse » au séisme, de la structure conditionnent les *forces d'inertie* qu'elle va subir et auxquelles elle devra résister. La concordance éventuelle de fréquences très énergétiques du signal sismique du site avec la *fréquence propre* d'un mode d'oscillation de la structure peut entraîner la mise en résonance de celle-ci avec le sol et l'amplification du mouvement sismique par la structure. Le spectre de réponse d'un site est un outil qui permet de pré-évaluer cette possible amplification pour le calcul de dimensionnement des ouvrages.

Action sismique

Mouvement que subit une structure en réponse aux secousses du sol. Par extension mouvement sismique de calcul des structures selon les règles.

Aléa

Phénomène entrant dans le domaine des possibilités, donc des prévisions, sans que le moment, les formes ou la fréquence en soient déterminables à l'avance.

Aléa naturel (Natural Hazard)

Probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période donnée, d'un phénomène naturel susceptible de causer des dommages. (Terminologie *UNDRO* pour les risques majeurs).

Un aléa naturel est la manifestation d'un phénomène naturel (débordements de rivières, glissements de terrains, séismes, ou encore, avalanches, cyclones, éruptions volcaniques...). Il est caractérisé par sa probabilité d'occurrence (décennale, centennale,...) et l'intensité de sa manifestation (hauteur et vitesse de l'eau pour les crues, magnitude pour les séismes, largeur de bande pour les glissements de terrain,...).

Aléa sismique (Seismic Hazard)

En un site donné, probabilité qu'au cours d'une période de référence (ex: probabilité annuelle), une secousse sismique atteigne ou dépasse en ce site une certaine intensité (I , A_{max} , V_{max}). Évaluer l'aléa sismique d'un site = calculer la fonction de répartition du paramètre choisi lors d'un séisme dont l'occurrence suit une loi de distribution connue.

Aléa sismique régional

Probabilité pour une région de subir des secousses sismiques d'une intensité ou d'un niveau d'accélération donnés, pour un site rocheux horizontal (secousses non modifiées par les conditions locales). Évaluer l'aléa sismique régional nécessite l'identification et la caractérisation des sources sismiques, de leurs lois de fréquence-magnitude, et des lois d'atténuation de l'énergie sismique par la distance.

Le mouvement sismique de référence, avant modification éventuelle par un site donné, c'est à dire le niveau d'accélération possible, retenu pour calculer l'action sismique, est déterminé de façon probabiliste ou déterministe pour une région ou un site donné. Il est dit « au rocher horizontal ». C'est à dire qu'il ne prend pas en compte les modifications locales de signal dues à la nature du site. Il dépend de la magnitude de référence pour chaque source régionale atténuée par leur distance au site concerné (Lois d'atténuation).

Aléa sismique local

Évaluation des effets locaux des séismes sous l'effet d'un séisme de référence retenu comme hypothèse compatible avec l'aléa sismique régional. Le microzonage sismique localise chacun des effets possibles du séisme. Effets d'un jeu de faille en surface, effets de site amplifiant les secousses caractérisés par leurs domaines fréquentiels à l'aide de spectres de réponse spécifiques, effets induits comme les glissements de terrain, les liquéfactions de sol, les tsunamis, etc.

Amortissement (d'une structure en oscillation)

Phénomène de dissipation de l'énergie dynamique sous forme de chaleur, ayant pour conséquence un décroissement de l'*amplitude* des oscillations. Cette dissipation de l'énergie dynamique réduit le niveau de contraintes et déformations dans la structure. Ainsi, pour les matériaux à coefficient d'amortissement non négligeable, l'équation du séisme en fonction du temps introduit le paramètre de la *vitesse*.

Analyse h/v

Les mesures et l'analyse des micro-vibrations sur site en situation courante, permettent d'évaluer la fréquence/période d'un éventuel effet de site (pic fréquentiel) : certains sols amplifient significativement les secousses pour une bande fréquentielle précise et identifiable. Si c'est le cas, c'est une indication précieuse pour les constructeurs qui en tiennent compte.

Par ailleurs, ces mêmes mesures h/v réalisées sur les constructions permettent d'évaluer leurs fréquences propres d'oscillation et de les comparer à celle du sol d'implantation, si celui-ci présente un pic fréquentiel caractéristique.

La comparaison des fréquences de vibration du sol et de la structure (mesures h/v pour l'existant, calcul pour les projets) renseigne sur le risque de résonance (forte amplification des secousses parvenant aux fondations, par la construction ayant une période voisine de celle du sol d'implantation).

Chaînage

Élément linéaire de structure reliant deux ou plusieurs parties d'un bâtiment pour les empêcher de s'écarter. Autrefois un chaînage travaillait en traction seulement (le même type d'élément de structure, mais travaillant à la compression pour empêcher les rapprochements s'appelle un buton) et était constitué d'une chaîne métallique (origine du terme chaînage) reliant les façades d'une maison. On distingue les chaînages horizontaux réalisés à chaque niveau dans les volumes communs d'intersection entre les murs et les planchers, et les chaînages verticaux réalisés dans les volumes communs d'intersection entre les murs entre eux. Un chaînage horizontal périphérique est l'ensemble des chaînages horizontaux d'un niveau donné, dont la continuité mécanique est reconstituée à chaque angle.

Cisaillement

Composante tangentielle de la contrainte appliquée à une section. Effort latéral qui s'exerce dans le plan d'adhérence ou de collage de deux éléments, et qui tend à les désolidariser.

Classification des dommages

Évaluation et relevé des dommages aux installations, structures ou objets selon trois catégories (ou plus):

- "dommage sévère" qui proscrit toute utilisation ultérieure de la structure, de l'installation ou de l'objet, conforme à sa destination initiale.
- "dommage modéré" ou degré d'endommagement des organes principaux qui exclut l'utilisation efficace de la structure, de l'installation ou de l'objet conformément à sa destination initiale, sauf réparations majeures n'atteignant pas (pour autant) la reconstruction totale.
- "dommage léger" tels bris de vitres, faibles dégâts aux toitures et parois, renversement de cloisons intérieures, fissuration de murs; l'endommagement n'est pas tel qu'il empêche l'utilisation de l'installation aux fins pour lesquelles elle a été conçue.

Coefficient de comportement (coefficient q)

Coefficient utilisé pour les besoins du dimensionnement. Il réduit les forces sismiques de calcul obtenues par une analyse de la résistance nécessaire pour ne pas voir d'endommagement. Ce coefficient tient compte de la résistance qui est suffisante dans l'hypothèse d'un endommagement ne portant pas atteinte à la stabilité. Ce coefficient est lié au matériau, au système structural et aux méthodes de dimensionnement.

Contreventement

Ensemble d'éléments de construction assurant la rigidité et la stabilité d'un bâtiment vis-à-vis des forces horizontales engendrées par le vent, les secousses sismiques ou autres causes.

Le contreventement comporte des éléments verticaux (longitudinaux et transversaux) et horizontaux.

Les contreventements verticaux peuvent être des portiques travaillant en flexion, des arcs mécaniquement continus, des panneaux (murs, voiles) ou des éléments linéaires assurant la triangulation des ossatures. Les contreventements horizontaux peuvent être des panneaux (dalles, planchers) ou triangulés (réseaux, poutres au vent...)

Déformation élastique

Déformation réversible lorsque l'action qui l'a créée cesse.

Déformation plastique

Déformation irréversible alors que l'action qui l'a créée a cessé.

Diaphragme

Élément assurant le contreventement du bâtiment dans le plan horizontal. Plancher ou toiture, il est souhaitable que la raideur du diaphragme soit plus importante que celle des panneaux de contreventement vertical.

Dissipatif (comportement sous séisme)

Comportement d'un matériau, et par extension d'un élément ou d'une structure, qui dissipe une partie de l'énergie cinétique (de mouvement) due au séisme, sous forme de chaleur, notamment à l'occasion de déformations plastiques.

Ductile (structure)

On considère qu'une structure est ductile si sa conception lui permet, sous l'effet de secousses « trop » violentes, de s'endommager spécifiquement sur des éléments ou parties d'éléments ne permettant pas son effondrement. Cette propriété dépend d'une part du dimensionnement en capacité de ses éléments constructifs et d'autre part de la maîtrise des caractéristiques de ses matériaux et de ses assemblages. Elle permet en outre de réduire la réponse de la structure au séisme en modifiant la période propre d'oscillations de la structure ce qui peut la sortir d'une éventuelle résonance avec les secousses du sol, et elle dissipe une partie de l'énergie sismique présente dans la structure sous forme de chaleur. Cette caractéristique est constatée par les règles de construction parasismique, par le coefficient de comportement.

Ductilité

Capacité d'un matériau, et par extension d'un élément ou d'une structure, de subir sous l'effet de déformations excessives des déformations plastiques (irréversibles) sans perte significative de résistance. Une ductilité plus ou moins importante caractérise la possibilité de déformations plastiques (irréversibles) plus ou moins importantes avant la rupture.

Echelle macrosismique d'intensité

Echelle conventionnelle d'évaluation de l'*intensité* locale des séismes. Il existe plusieurs échelles macrosismiques (Mercalli, MSK, EMS, EMI, etc.) Les différentes échelles utilisées comportent des degrés. 12 sauf au Japon. Le degré I correspond à une secousse seulement détectée par les instruments, les dégâts matériels ne sont importants qu'à partir de VII-VIII, et XII caractérise une catastrophe allant jusqu'à la transformation des paysages.

Echelle de Richter

Echelle de référence qui évalue l'énergie des séismes par la valeur de la magnitude. Charles Richter, géophysicien américain qui a vécu de 1900 à 1985, a proposé la première méthode d'évaluation de la magnitude d'un séisme en 1935. Désormais on a des méthodes plus précises, établies par d'autres scientifiques comme le japonais Hiroo Kanamori mais on continue à parler de la magnitude de Richter dans les médias.

Effets de site

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

Effet de site lithologique

La réflexion des ondes sismiques « prisonnières » à l'intérieur d'une couche de sol meuble entre la surface et le substratum rocheux a pour conséquence d'amplifier certaines composantes des secousses sismiques qui y parviennent (en fonction de la période propre du système qui dépend de la nature physique du sol et de sa géométrie).

Effet de site topographique

La réflexion des ondes sismiques à l'intérieur de ces reliefs peut amplifier les secousses qui y parviennent, et plus particulièrement les composantes vibratoires correspondant aux caractéristiques géométriques propres du site (effet de site). Les constructions implantées sur ce type de reliefs pourront subir une *action sismique* beaucoup plus importante que sur un site voisin non accidenté s'il y a concordance des fréquences du sol et du bâtiment.

Effets directs d'un séisme

Effets dus aux seuls mouvements vibratoires (non amplifiés) du sol et au rejet éventuel de la faille en surface.

Effets induits (Effets secondaires)

Aléa survenant comme une conséquence d'un autre aléa ou d'une catastrophe, par exemple les incendies et les glissements de terrain consécutifs à un séisme, les épidémies succédant aux famines, les pénuries alimentaires résultant de sécheresse ou d'inondations.

Les secousses d'un séisme ou les fortes pluies d'un cyclone jouent un rôle déclencheur de certains phénomènes latents (glissement, éboulement, effondrement de terrains, etc.) ou sont déterminants dans la genèse de certains autres (liquéfaction des sols, seiches, tsunamis, etc.).

Élément non structural

Élément, système ou composant architectural, mécanique ou électrique, qui, faute de résistance ou à cause de la façon dont il est relié à la structure, n'est pas considéré comme élément transférant des efforts dans le dimensionnement sismique.

Éléments sismiques primaires

Éléments considérés comme faisant partie du système structural résistant aux actions sismiques, modélisés dans l'analyse pour la situation sismique de calcul et entièrement conçus et étudiés en détail pour assurer la résistance aux séismes conformément aux règles de l'EN 1998.

Éléments sismiques secondaires

Éléments qui ne sont pas considérés comme faisant partie du système résistant aux actions sismiques et dont la résistance et la rigidité vis-à-vis des actions sismiques est négligée ; leur conformité à toutes les règles de l'EN 1998 n'est pas exigée, mais ils sont conçus et étudiés en détail pour leur permettre de porter les charges

gravitaires lorsqu'ils sont soumis aux déplacements causés par la situation sismique de calcul. Il n'est pas nécessaire qu'ils respectent toutes les dispositions de l'EN 1998, mais ils sont dimensionnés et munis de dispositions constructives pour permettre le maintien de leur fonction de supportage lorsqu'ils sont soumis aux déplacements imposés lors de la situation sismique de calcul.

Fonction de vulnérabilité

Fonction probabiliste issue du retour d'expérience post-sismique établissant une corrélation entre le niveau d'endommagement d'un type de construction et l'intensité locale du séisme. Elle est exprimée par le pourcentage caractéristique de constructions intactes, légèrement, moyennement ou gravement endommagées ou effondrées. Chaque type de construction a une fonction de vulnérabilité propre. En dénombrant le nombre de constructions de chaque type sur un territoire donné on peut estimer de façon probabiliste, pour une intensité locale donnée, le nombre prévisionnel de bâtiments concernés par chaque niveau d'endommagement.

Forces d'inertie

Forces appliquées à une masse, résultant de l'accélération qu'elle subit. Forces d'inertie = Masse(s) de la structure x Accélération(s) de la structure

Fragile (rupture)

Mode de rupture brutale au delà de la déformation admissible sans dommage.

Fréquence (Unité le Hertz)

Inverse de la période. La période est la durée d'un cycle d'oscillation, la fréquence, le nombre de cycles par seconde. La notion de périodicité d'une sollicitation dynamique d'origine sismique est fondamentale pour la compréhension du comportement dynamique des structures.

Limite d'élasticité

Niveau de contrainte maximum qu'un élément peut subir en restant dans le domaine des déformations élastiques (réversibles). Au delà il y a dégradation du matériau et déformation irréversible : déformation plastique.

Nominal

Nominal qualifie les valeurs des paramètres applicables avant la prise en compte des coefficients de sécurité.

Période d'oscillation (des ondes)

Intervalle de temps entre deux crêtes successives d'un déplacement alternatif sinusoïdal par rapport à un point d'équilibre. La période d'une onde est l'inverse de sa *fréquence*. Le temps du cycle d'oscillation est mesuré en secondes (s).

Période(s) propre(s) d'oscillation d'un bâtiment (d'un oscillateur)

Période à laquelle oscille librement le bâtiment (l'oscillateur) dès l'arrêt des oscillations forcées et jusqu'à l'amortissement complet du mouvement. Dans les faits, un bâtiment est un oscillateur multiple ; il possède plusieurs périodes propres, dépendant de sa géométrie et de ses matériaux, et qui correspondent à ses différents modes d'oscillation. Le calcul des périodes propres d'oscillation d'un bâtiment à construire est un des paramètres qui permet de le dimensionner, en utilisant un spectre de réponse.

Point dur

Un « point dur » au regard de l'action sismique est une partie d'ouvrage sensiblement plus résistante et moins déformable qui conditionne la réponse d'ensemble, pouvant aggraver les dommages autour, par torsion ou par percussion, par exemple.

Résonance (phénomène de mise en)

Phénomène dû à la concordance entre les *périodes* très énergétiques des oscillations pour un site donné sous l'effet d'un séisme donné et les *périodes propres d'oscillation* d'une construction. Il y a alors multiplication des accélérations « en réponse » que subit la structure par 2 ou plus.. C'est un des principaux facteurs de ruine s'il n'est pas pris en considération par le concepteur et le bureau d'études. L'un des objets de la sismologie appliquée est d'associer à chaque site un « outil de travail », appelé « *spectre de réponse* », qui permet à l'architecte et à l'ingénieur d'évaluer le niveau de possible amplification des ondes arrivant sur le site, par le bâtiment, en raison d'une mise en résonance de la structure.

Risque normal

Qualifie les constructions dont la ruine n'a que des conséquences locales, même importantes, par opposition au risque spécial qui est associé à des dommages à distance (par exemple un barrage, ou une installation chimique ou nucléaire)

Spectre de réponse

Le « spectre de réponse » des structures, se présente sous la forme d'un « graphique » sur lequel on lit un « coefficient » pour le calcul de l'amplification possible (par mise en résonance) ou de l'atténuation (par non concordance des périodes sol-bâtiment) des paramètres du mouvement sismique (déplacement, vitesse, accélération), mesurés au sol, par les différentes structures. Ainsi, on lit sur le spectre de réponse, la réponse de la structure au signal du site en fonction de sa « période propre d'oscillation » et de son taux d'amortissement. Le spectre de réponse est établi par analyse du contenu fréquentiel du signal enregistré sur le site. Il est une représentation non temporelle, mais fréquentielle du séisme. Le spectre de réponse réglementaire est un « spectre enveloppe » pour une famille de sols assez comparables.

Stabilité d'ensemble

Capacité d'une structure à conserver sa géométrie sous l'action des charges. Elle est obtenue par les liaisons entre les divers éléments constructifs qui la composent et par son ancrage au sol. La stabilité d'ensemble d'une structure requiert que la stabilité de forme et la résistance de ses éléments soient assurées.

Stabilité de forme

Capacité d'une structure ou de l'un de ses éléments à conserver sa forme sous l'action des charges, aux déformations élastiques près. L'instabilité de forme, due à un manque de rigidité, se produit dans le cas d'éléments élancés ou à parois minces. Elle conduit à leur mise hors service par flambage, cloquage, déversement, etc., avant que la résistance de leur matériau soit épuisée par ailleurs.

Structure dissipative

Structure capable de dissiper l'énergie par un comportement hystérétique ductile et/ou par d'autres mécanismes.

Structure principale

Ensemble des éléments porteurs et franchiseurs de la construction qui participent à son contreventement, donc à la résistance aux séismes.

Structure secondaire

Ensemble des éléments porteurs et franchiseurs de la construction qui participent seulement à sa résistance statique (à la pesanteur).

Vulnérabilité (Vulnerability)

Degré de perte ou d'endommagement d'un élément donné exposé au risque (ou d'un ensemble d'éléments), résultant de l'occurrence d'un phénomène naturel de magnitude donnée et s'exprimant sur une échelle de 0 (absence de dommages) à 1 (perte totale). Terminologie *UNDRO* pour les risques majeurs.

Vulnérabilité d'une construction ou d'un type de constructions aux séismes

Elle représente la perte proportionnelle (en%) exprimant le rapport du coût des dommages subis à la valeur de la construction. C'est une fonction d'endommagement rapportée à l'intensité locale de la secousse à laquelle la construction est (ou peut d'être) exposée.

Zonage sismique

Cartographie de l'aléa sismique régional. On distingue le zonage physique de l'aléa du zonage sismique réglementaire.

Zonage sismique réglementaire

Cartographie administrative précisant pour chaque entité administrative (en France, le canton) les niveaux d'accélération nominale à prendre en compte pour l'application des règles de construction. Il s'agit d'un arbitrage politique.

Zone critique

Zone d'une structure où sont principalement concentrées les sollicitations d'origine sismique. Sa conception peut en faire une zone dissipative ou une zone fragile, cette dernière solution est à éviter.

Zone dissipative

Zone d'une structure dissipative où est principalement localisée sa capacité à dissiper l'énergie par un endommagement ductile.

5. Annexe : Vulnérabilité probabiliste des bâtiments anciens

La classification des bâtiments anciens, par niveaux de vulnérabilité caractéristiques calés sur l'échelle macrosismique des intensités, est un premier indicateur de leur vulnérabilité théorique. Cette pré-évaluation résulte du traitement statistique des enquêtes post-sismiques, qui constatent, pour une même intensité locale, les niveaux de dommages moyens atteints par les bâtiments de chaque type.

Classes de vulnérabilité de l'EMS-98

L'échelle macrosismique européenne (European macroseismic scale - EMS98) attribue aux bâtiments courants des classes de vulnérabilité croissante aux séismes, A, B, C, D, E et F, identifiées par un rond sur le graphique suivant.

N-B : Pour les bâtiments dont la vulnérabilité « caractéristique » peut varier plus ou moins fortement en raison de l'architecture et de la mise en œuvre, une marge couvrant 2 classes ou plus est prise en compte.

CPS = conception parasismique.

Type de structure	Classe de vulnérabilité						
	A	B	C	D	E	F	
MAÇONNERIE	Moellon brut, pierre tout venant	○					
	Brique crue (adobe)	○	—				
	Pierre brute		○				
	Pierre massive			○	—		
	Non renforcée, avec des éléments préfabriqués			○	—		
	Non renforcée, avec des planchers en béton armé				○	—	
	Renforcée ou chaînée					○	—
BÉTON ARMÉ	Ossature sans conception parasismique (CPS)			○	—		
	Ossature avec un niveau moyen de CPS				○	—	
	Ossature avec un bon niveau de CPS					○	—
	Murs sans CPS			○	—		
	Murs avec un niveau moyen de CPS				○	—	
	Murs avec un bon niveau de CPS					○	—
ACIER					○	—	
BOIS					○	—	

○ Classe de vulnérabilité la plus probable; — Intervalle probable;
 Intervalle de probabilité plus faible, cas exceptionnels

Les constructions dans le village de Breil, en maçonnerie de moellons bruts & pierres tout venant appartiennent à la classe A, celles en pierres brutes à la classe B, les plus vulnérables a priori.

Les conditions de site dans le village peuvent leur être favorables (peu ou pas d'effet de site amplifiant les secousses).

Mais les dommages survenus dans le secteur Brancion réduisent leur résistance.

Courbes de vulnérabilité des différentes classes de constructions

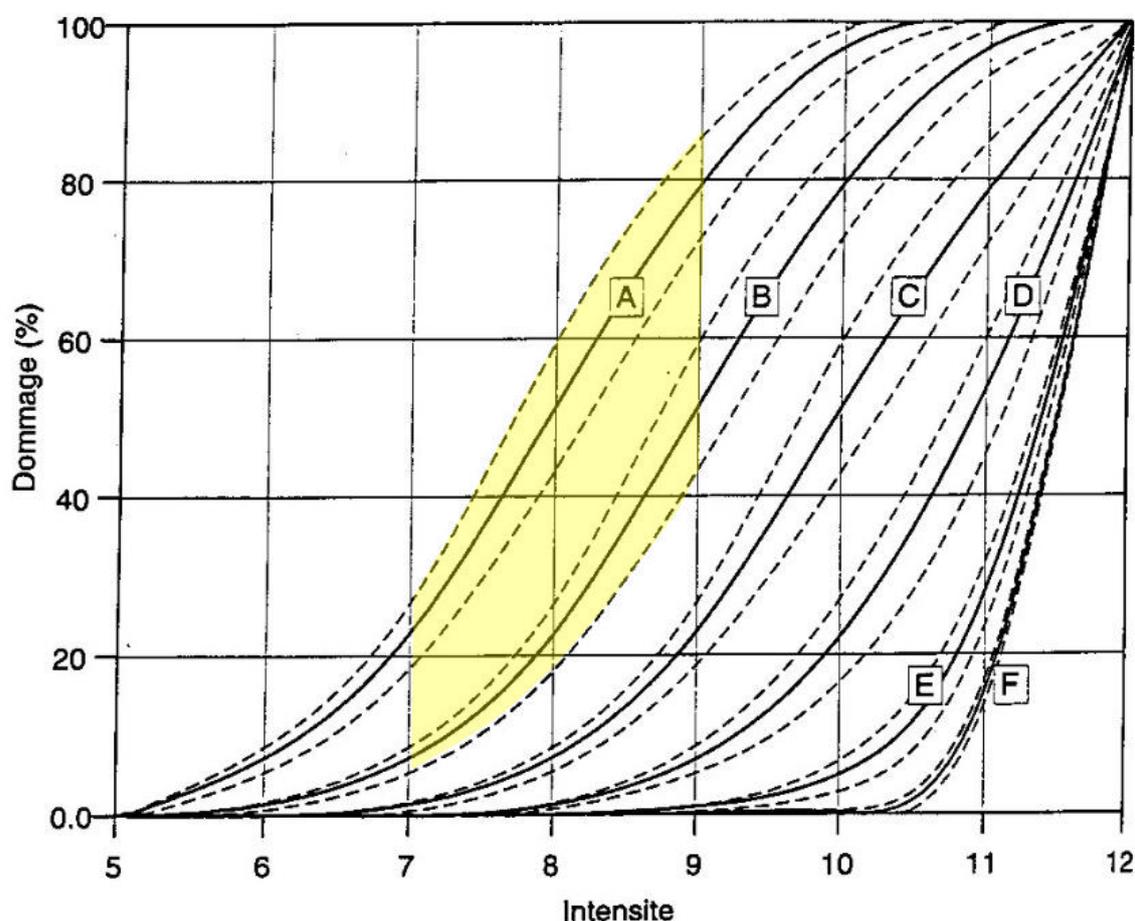
Historiquement, l'aléa sismique a été exprimé en niveaux d'Intensités locales, avant que les calculs géophysiques permettent une évaluation plus scientifique des accélérations (m/s²) possibles du sol pendant les secousses.

N-B : La valeur des accélérations conditionne celle des *forces d'inertie* qui déforment les constructions. Leur estimation contribue au zonage sismique, associé autres paramètres du calcul parasismique des constructions.

Les courbes / fonctions de vulnérabilité sont des outils de calcul statistique de l'ampleur des dégâts prévisibles sur une population de bâtiments dénombrés par classes de vulnérabilités (A à F pour l'EMS), pour une intensité donnée. Ne pas confondre avec le diagnostic d'une ou plusieurs constructions.

Le profil des courbes, qui prédit un pourcentage probabiliste de dommages en fonction de l'intensité possible, permet d'évaluer les pertes sur une ville (ou autre étendue) en fonction du recensement des bâtiments qui s'y trouvent. Connaissant le nombre de logements par bâtiments, leurs surfaces moyennes et leur taux d'occupation moyenne, on peut évaluer le risque sur une ville ou un quartier, et adapter la politique de préparation des secours d'une part, et de réduction du risque d'autre part.

Une intensité 7 à 8 (voire localement 9 sur mauvais sols) peut être atteinte dans le village de Breil.



Courbes de vulnérabilité de l'EMS98. Les pertes sont estimées en % du coût de la construction, et traduisent d'une certaine manière, la pertinence de leur réparation après séisme.

Pour chaque classe de bâtiments, « A ou B » au village de Breil, la probabilité de dommages est estimée entre une fourchette basse et haute (lignes pointillées). L'enveloppe évaluant la probabilité de pertes dans le village de Breil est cernée en jaune pour une intensité entre 7 et 8 (très probable), et 8 et 9 (envisageable).

Dans le village, la courbe supérieure (pertes plus élevées) concerne plus probablement les immeubles endommagés sur et aux abords du sol dégradé du secteur Brancion, la courbe inférieure les immeubles fondés sur un bon sol et non endommagés avant le séisme.