



**PRÉFET
DE LA RÉGION
GUADELOUPE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Commune du Gosier

Plan de Prévention des Risques Sismiques (P.P.R.S)

Rapport de présentation

Sommaire

1. Introduction.....	7
1.1. LA DÉMARCHE GLOBALE DE PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE.....	7
1.2. L'OBJET D'UN PPRN.....	7
1.3. LE PPR SISMIQUE.....	8
1.4. POURQUOI PRESCRIRE UN PPRS AU GOSIER ?.....	9
1.5. LA STRUCTURE DU DOSSIER PPRS.....	9
1.6. LES DOMAINES COUVERTS ET LES CARTES D'ALÉAS.....	10
1.7. À QUI S'ADRESSE LE PPRS ?.....	11
2. Le contexte physique.....	12
2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE.....	12
2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....	13
2.3. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DU GOSIER.....	14
3. Phénomènes et aléas sismiques.....	15
3.1. NOTIONS D'ALÉA SISMIQUE.....	15
3.2. PRINCIPAUX SÉISMES CONNUS.....	16
3.3. PRÉSENCE DE FAILLES ACTIVES.....	18
3.3.1. Phénomène et effets attendus.....	18
3.3.2. Principe de la réglementation nationale.....	19
3.3.3. Recommandations du Comité d'Évaluation des PPRS.....	20
3.3.4. Cartographie des failles actives dans le microzonage sismique.....	23
3.3.5. Évaluation de l'aléa « rupture en surface » des failles actives.....	24
3.3.6. Principe de prise en compte de l'aléa « rupture en surface » dans le PPRS.....	25
3.4. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES.....	28
3.4.1. Phénomène et effets attendus.....	28
3.4.2. Principe de la réglementation nationale.....	28
3.4.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique.....	29
3.4.4. Évaluation de l'aléa « effet de site lithologique ».....	32
3.4.5. Principe d'application dans le PPRS.....	36
3.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES.....	37
3.5.1. Phénomène et effets attendus.....	37

3.5.2. Principe de la réglementation nationale.....	39
3.5.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique.....	40
3.5.4. Principe d'application dans le PPRS.....	40
3.6. LIQUÉFACTION DES SOLS.....	42
3.6.1. Phénomène et effets attendus.....	42
3.6.2. Principe de la réglementation nationale.....	43
3.6.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique.....	44
3.6.4. Principe d'application dans le PPRS.....	45
4. Le plan de zonage et le règlement.....	47
4.1. LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'UN PLAN DE ZONAGE.....	47
4.2. LE PLAN DE ZONAGE DU GOSIER.....	48
4.2.1. Les niveaux de prescriptions.....	48
4.2.2. Le zonage réglementaire.....	49
4.2.3. Zones « bleue ».....	50
4.2.4. Zones « bleu clair ».....	51
4.2.5. Zones « beige ».....	51
4.2.6. Les spectres spécifiques.....	51
5. Bibliographie.....	53
5.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET LÉGISLATIFS.....	53
5.2. NORMES.....	53
5.3. GUIDES.....	54
5.4. PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES.....	54
6. Glossaire.....	57
6.1. SIGLES.....	57
6.2. DÉFINITIONS.....	57

Liste des illustrations

Figure 1 : Situation géographique de la commune du Gosier.....	12
Figure 2 : Ensembles géologiques types identifiés sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	13
Figure 3 : Aléa sismique régional.....	15
Figure 4 : Aléa sismique local.....	16
Figure 5 : Principaux séismes ayant produit des intensités VI ou plus sur la Guadeloupe ou sur la Martinique. L'intensité indiquée entre parenthèse est l'intensité maximale ressentie sur une des deux îles (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).....	17
Figure 6 : Systèmes de failles identifiés sur la commune du Gosier (modifié d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	25
Figure 7 : Aléa « rupture en surface » identifié sur la commune du Gosier.....	26
Figure 8 : Illustrations des effets de site lithologiques (Source : Laurence Barret).....	28
Figure 9 : Zonage spécifique des zones à effets de site lithologiques pour la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	30
Figure 10 : Forme du spectre de réponse élastique en accélération d'après la norme parasismique EC8 référencée NF EN-1998-1.....	31
Figure 11 : Spectres de réponse spécifiques proposés pour les différentes classes d'effets de site lithologiques de la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	32
Figure 12 : Comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres EC-8, pour les quatre classes à effets de site lithologiques sur la commune du Gosier.....	33
Figure 13 : Superposition schématisée entre spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment.....	34
Figure 14 : Aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune du Gosier.....	36
Figure 15 : Principe des effets de site topographiques (Source : Laurence Barret).....	38
Figure 16 : Topographie de la commune du Gosier avec altitudes données en mètres (extrait du PLU du Gosier, mai 2012, livret 2).....	39
Figure 17 : Zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	41
Figure 18 : Illustration du phénomène de liquéfaction des sols (source : Laurence Barret).....	42
Figure 19 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	45
Figure 20 : Plan de zonage PPRS pour la commune du Gosier.....	50

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux séismes destructeurs (Intensité maximale supérieur à VI) en Guadeloupe (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).....	18
Tableau 2 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les critères de reconnaissance des failles actives qui devront être indiquées dans les PPRS.....	21
Tableau 3 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les dispositions réglementaires spécifiques relatives à la prise en compte des failles actives dans les PPRS.....	22
Tableau 4 : Classes de failles actives en fonction de leurs niveaux d'activité et de connaissance (Terrier et al., 2002). En gras les classes de failles reconnues pour la commune du Gosier.....	24
Tableau 5 : Failles actives identifiées sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	24
Tableau 6 : Préconisations sur la prise en compte de l'aléa « rupture en surface des failles actives » dans le PPRS du Gosier.....	27
Tableau 7 : Contexte réglementaire pour la conception parasismique des bâtiments « à risque normal ».....	29
Tableau 8 – Classification des classes de sol selon les EC8 (NF EN 1998-1 2005, Tab. 3-1).....	29
Tableau 9 : Paramètres des spectres de réponse élastiques par classe d'effets de site lithologiques pour la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).....	32
Tableau 10 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire du Gosier, en termes d'influence des effets de site et de portance des sols de fondation.....	35
Tableau 11 : Critères de transcription de la qualification d'effets de site lithologique en niveau d'aléa pour les PPRS aux Antilles (Bertil et Belvaux, 2014).....	35
Tableau 12 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques.....	37
Tableau 13 : Principe de réglementation pour les effets de site topographiques.....	41
Tableau 14 : Principe de réglementation pour la liquéfaction.....	46
Tableau 15 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage PPRS de la commune du Gosier.....	48
Tableau 16 : Les trois zones du zonage réglementaire PPRS de la commune du Gosier.....	49

1. Introduction

Les séismes font partie des phénomènes naturels pouvant conduire à des conséquences graves, aussi bien en termes de dommages affectant les constructions, les vies humaines et l'environnement qu'en termes de perturbations socio-économiques. Il convient de noter que la majorité des pertes en vies humaines est due à des effondrements partiels ou d'ensemble des bâtiments.

La puissance publique s'est préoccupée de prévenir le risque sismique par la mise en œuvre d'un cadre législatif et réglementaire, et en particulier par l'élaboration de Plans de Prévention des Risques Sismiques pilotée par le Ministère de la Transition Écologique.

Les communes, le département, la région et les services de l'État jouent un rôle important en termes de connaissance historique des phénomènes et de prévention des risques. Ils sont donc associés à toutes les phases de constitution de ce Plan de Prévention des Risques Sismiques.

L'organisation de ce rapport a été définie et validée avec les services de l'État. Elle diffère légèrement de l'organisation habituelle des rapports du BRGM pour correspondre au mieux aux attentes des services de l'État.

1.1. LA DÉMARCHE GLOBALE DE PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE

Les risques naturels résultent du croisement d'un aléa (intensité et fréquence d'un phénomène naturel) et des enjeux (exposition à l'aléa) avec leur propre vulnérabilité (vulnérabilité de l'élément exposé, capacité de résilience). De façon générale, pour réduire le risque deux pistes sont possibles : réduire la probabilité d'occurrence d'un événement ou réduire sa gravité.

Il n'existe pas aujourd'hui de méthode scientifiquement établie pour prévoir avec certitude et précision le moment et le lieu où un séisme se produira. En revanche, il est possible, dans certaines conditions, d'estimer sur le long terme (plusieurs dizaines à centaines d'années) la probabilité d'occurrence d'un séisme sur une zone donnée. Dans le cas du risque sismique, la gestion du risque consiste donc essentiellement à essayer de réduire la gravité du phénomène. Les actions porteront principalement sur la diminution de l'exposition, la diminution de la vulnérabilité et l'organisation des secours et de la résilience des populations.

Démarche fondamentale à moyen et long termes, la **prévention** regroupe l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour réduire l'impact d'un phénomène naturel prévisible sur les personnes et les biens avant qu'il ne se produise. La construction parasismique est un des outils de prévention qui permet de diminuer la vulnérabilité du bâti et demeure ainsi un des moyens le plus efficace de se protéger.

La prise en compte du risque sismique dans la vie locale et notamment dans l'utilisation et l'aménagement du territoire communal est aussi un des outils efficaces de la prévention du risque sismique pour éviter d'exposer gravement des personnes et des biens.

1.2. L'OBJET D'UN PPRN

Les risques naturels sont pris en compte dans les documents d'urbanisme des communes. Ces règles d'urbanisme peuvent interdire les constructions dans les zones les plus à risque ou imposer une adaptation des projets de constructions selon des règles locales établies par l'État.

Le Plan de Prévention des Risques Naturels prévisibles (PPRN) est un document réalisé par L'État qui institue une réglementation durable de l'utilisation des sols en fonction des risques naturels auxquels ils sont soumis.

Instaurés par la loi du 2 février 1995 (articles L 562-1 à L 562-9 du code de l'environnement), dite loi Barnier, les PPRN réglementent ainsi notamment toute nouvelle construction dans les zones exposées aux risques naturels. Dans les autres secteurs, les PPRN veillent à ce que les nouvelles constructions ne soient pas des facteurs d'aggravation ou de création de nouveaux risques et ne soient pas vulnérables en cas de catastrophe naturelle (Article 40-1 de la loi du 22 juillet 1987 codifiée : article L562-1 du code de l'environnement). Le PPRN définit également des mesures de prévention, de protection et de sauvegarde devant être prises par les collectivités et par les particuliers, ainsi que des mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existants à la date de l'approbation du plan qui doivent être prises par les propriétaires, exploitants ou utilisateurs.

Les PPRN ont donc pour finalité de gérer efficacement l'occupation des sols et de maîtriser l'extension urbaine dans les zones exposées en conciliant les impératifs de prévention et les besoins socio-économiques de développement. D'autre part, le PPRN permet d'assurer la sécurité des personnes et des biens dans l'optique d'un développement durable des territoires. Enfin, l'information préventive apportée par les PPRN conduit à une prise de conscience des risques de la part des citoyens.

Avant l'approbation des PPRN en Guadeloupe, il était déjà tenu compte des risques naturels dans la délivrance des permis de construire. En effet, la publication en 1999 des atlas communaux des risques naturels établis par le BRGM (Sedan *et al.*, 1998) a fait prendre conscience que les inondations, phénomènes littoraux, mouvements de terrain, séismes, volcanisme, cyclones peuvent avoir des conséquences catastrophiques pour la population et le développement de l'île. Ces atlas sont exploités en tant que documents informatifs depuis une vingtaine d'années.

1.3. LE PPR SISMIQUE

Le risque sismique est pris en compte dans l'urbanisme, soit par le biais d'un PPR multirisque incluant le risque sismique ou par celui d'un Plan de Prévention des Risques Sismiques (PPRS), outil élaboré pour pérenniser la prévention des phénomènes sismiques.

Depuis 1994, les microzonages sismiques ont été réalisés sur plus d'une trentaine de communes en Guadeloupe et en Martinique, couvrant près de 5 % des communes et 7 % de la population. Ces études permettent une évaluation fine de l'aléa local, intégrant la présence de failles actives et/ou potentiellement actives, les effets directs du séisme (amplification des mouvements du sol lié à sa composition lithologique ou à sa topographie) et ses effets induits (liquéfaction des sols, mouvements de terrain, etc.).

Compte tenu de l'évolution des textes réglementaires (Les articles R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement modifiés par le décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et l'article D.563-8-1 du Code de l'Environnement créé par le décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français et modifié par le décret n°2015-5 du 6 janvier 2015) et de la connaissance fine de l'aléa sismique local (étude de microzonage sismique), le besoin d'élaborer des PPR Sismiques aux Antilles (Réf. Guide méthodologique) est apparu.

1.4. POURQUOI PRESCRIRE UN PPRS AU GOSIER ?

La prescription d'un PPRS au Gosier résulte principalement :

- de l'existence d'une sismicité forte aux Antilles françaises ;
- d'une forte densité de population (quatrième commune de Guadeloupe en terme du nombre et de la densité de population – INSEE, 2016) ;
- d'être la plus importante station balnéaire de Guadeloupe (Gosier représente plus de 4 % des chambres d'hôtel en Guadeloupe) ;
- de l'exposition de la population au risque sismique et la probabilité de subir de graves conséquences.

En effet, de par sa situation à la frontière entre les plaques Caraïbes et Amérique du sud, responsables d'une activité sismique relativement importante, tout le territoire de la Guadeloupe est classé dans la zone de sismicité la plus forte (zone 5), dans le zonage sismique réglementaire de la France défini par l'article D.563-8-1 du Code de l'Environnement.

Les derniers séismes fortement ressentis au Gosier sont celui des Saintes, le 21 novembre 2004 dont l'intensité a été estimée à V dans la commune, et celui de Martinique, le 29 novembre 2007 avec une intensité ressentie de V également (EMS-98)¹. Néanmoins sur la période historique, le plus fort séisme connu au Gosier est celui du 8 février 1843, ressenti dans la commune avec une intensité de VIII.

Le séisme des Saintes du 21 novembre 2004, a donné lieu à un arrêté portant reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle (JO du 11 janvier 2005), démontrant incidemment la vulnérabilité des biens exposés.

L'actuel PPRN en vigueur sur la commune du Gosier a été approuvé par arrêté N°2008-235 AD/I/4 du 03 mars 2008 et annexé au POS (ou au PLU) le 11 décembre 2009.

Les études techniques du PPRN de la commune du Gosier ont été élaborées par le BRGM (Mompelat et Vinchon, 2002). En raison de sa morphologie particulière, le secteur des Grands Fonds n'avait pas été cartographié. En 2005, une étude spécifique des aléas inondation et mouvements de terrain a été réalisée par ANTEA (dossier n°A37824). La mise-à-jour du PPRN du Gosier portant sur la fusion de ces deux études et l'élaboration du plan de zonage réglementaire, a été conduite par GEOTER (Monge et Carbon, 2007).

Prenant en compte le PPRN applicable en vigueur, la commune du Gosier disposera de deux PPRN sur son territoire.

Le zonage et la réglementation du PPRN approuvé en 2008 restent, ainsi, opposables jusqu'à modification ou révision d'un nouveau PPRN.

1.5. LA STRUCTURE DU DOSSIER PPRS

Le présent rapport de présentation est l'une des pièces constitutives d'un dossier de PPRS, avec les **cartes d'aléas**, le **zonage réglementaire** et le **règlement**. Le dossier final est ainsi composé de trois pièces.

Article R. 562-3 du code de l'environnement

Le dossier de projet de plan comprend :

¹Sauf spécification contraire, toutes les intensités présentées dans le rapport sont exprimées sur l'échelle MSK (voir Glossaire).

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

2° Un ou plusieurs documents graphiques délimitant les zones mentionnées aux 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

3° Un règlement précisant, en tant que de besoin :

a) Les mesures d'interdiction et les prescriptions applicables dans chacune de ces zones en vertu des 1° et 2° du II de l'article L. 562-1 ;

b) Les mesures de prévention, de protection et de sauvegarde mentionnées au 3° du II de l'article L. 562-1 et les mesures relatives à l'aménagement, l'utilisation ou l'exploitation des constructions, des ouvrages, des espaces mis en culture ou plantés existant à la date de l'approbation du plan, mentionnées au 4° de ce même II. Le règlement mentionne, le cas échéant, celles de ces mesures dont la mise en œuvre est obligatoire et le délai fixé pour celle-ci.

Une fois approuvé, le PPR constitue une servitude d'utilité publique affectant l'utilisation du sol et s'impose à tous ; il devra être annexé au Plan Local d'Urbanisme (PLU).

1.6. LES DOMAINES COUVERTS ET LES CARTES D'ALÉAS

Les aléas sismiques pris en compte dans le présent PPR Sismique, concernent les effets directs et les effets induits consécutifs à la survenance d'un séisme :

- Les ruptures de faille active en surface,
- Les effets de site topographiques liés au relief,
- Les effets de site lithologiques liés à la nature du sol,
- Les phénomènes de liquéfaction.

Ainsi des prescriptions particulières seront définies dans les zones à effets de site (topographiques ou lithologiques), dans les zones relatives à la présence de failles potentiellement actives et dans les zones soumises à la liquéfaction. Le projet de règlement précisera les mesures associées à chacune des zones du document cartographique.

Les mouvements de terrain et les tsunamis ne sont pas traités dans ce règlement.

Les ouvrages couverts par ce PPRS relèvent de la classe de bâtiments dite « à risque normal ». Ce sont les bâtiments appartenant aux catégories d'importance II, III et IV selon la définition de l'Arrêté ministériel du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et plus spécifiquement à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Le présent PPRS s'applique aux bâtiments à « risque normal ». Il distingue des préconisations pour les constructions neuves et pour les bâtiments existants.

Sont assimilés à des projets nouveaux :

- Toute nouvelle construction ;
- Tout projet sur constructions existantes (ex. surélévation, extension, changement de destination)

1.7. À QUI S'ADRESSE LE PPRS ?

Destiné aux citoyens, aux élus et aux services instructeurs, le rapport de présentation PPRS a pour fonction d'expliquer la démarche et le contenu du PPRS. Il vise à justifier de l'opportunité de la réglementation mise en place par le PPRS.

Quant au règlement, accompagné du plan de zonage réglementaire, ils définissent les zones réglementées et fournissent les dispositions à appliquer par le Maître d'Ouvrage qui prévoit la réalisation de bâtiments de la classe dite à risque normal (catégories d'importance II, III et IV). Le règlement s'adresse en particulier, aux concepteurs (architectes, ingénieurs) en charge de la conception et du dimensionnement de ces bâtiments, ainsi qu'aux contrôleurs techniques pour vérifier le respect des prescriptions données.

2. Le contexte physique

La commune du Gosier est située au Sud-ouest de l'île de Grande-Terre (Figure 1). Le territoire communal s'étend sur 12 km d'Est en Ouest parallèlement à la côte et sur 7 km du Nord au Sud. La superficie totale est de 45,2 km². Elle est limitée à l'Est et au Nord-Est par la commune de Sainte-Anne, au à l'Ouest et au Nord-Ouest par la commune des Abymes, au Sud par l'océan Atlantique et le Petit-Cul-de-Sac Marin.

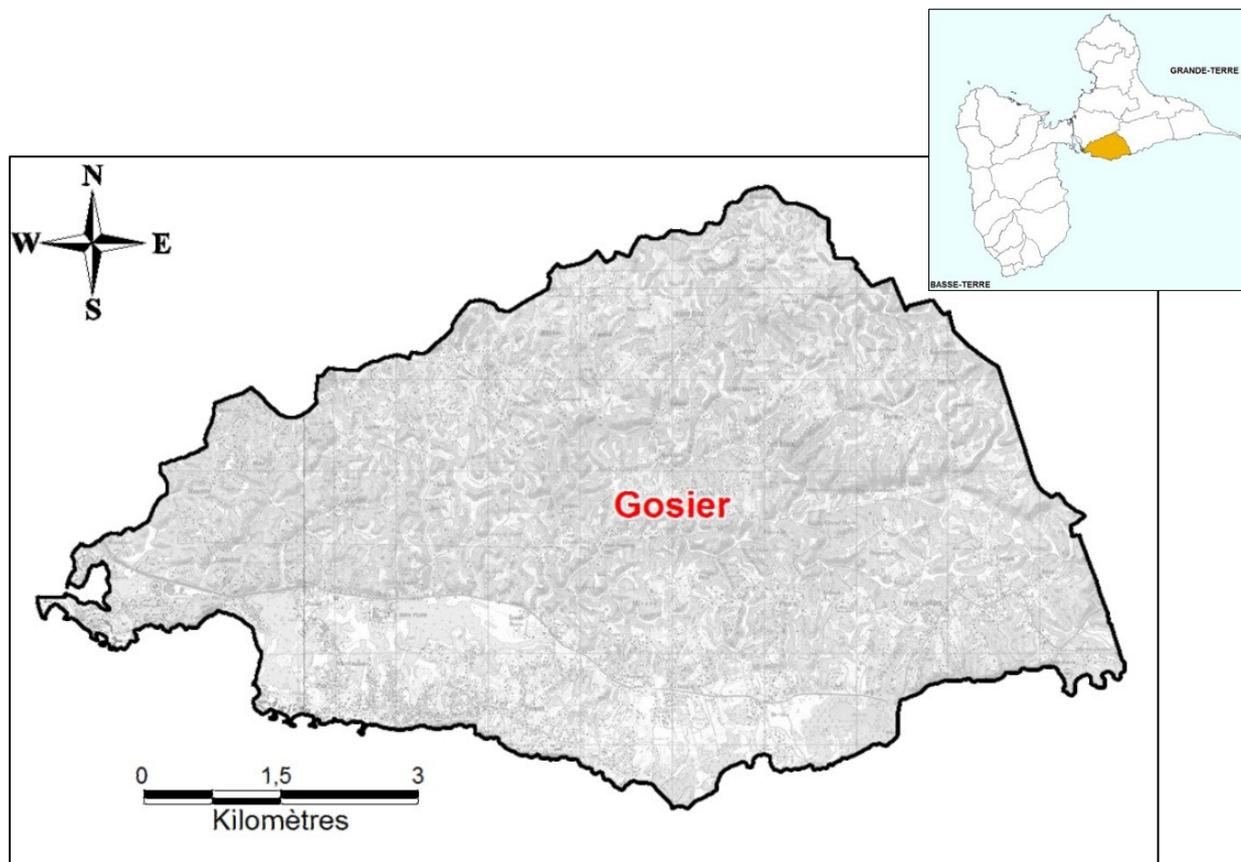


Figure 1 : Situation géographique de la commune du Gosier

2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE

Morphologiquement la commune du Gosier est située dans la zone des Grands Fonds, curiosité naturelle remarquable, comparable à un dédale de vallons hydrographiques généralement secs (sauf en périodes de fortes pluies), entre des reliefs escarpés appelés localement « mornes », dont les altitudes culminent à 135 m (la pente moyenne des versants est de l'ordre de 25°).

La commune du Gosier possède donc une topographie relativement accidentée puisque la zone des Grands-Fonds occupe 8 % du territoire (Figure 1). On peut en effet distinguer : au Nord de la RN4, la zone de plateau des Grands Fonds, au Sud de la RN4 les dépressions de Belle-Plaine et de Saint-Félix, d'orientation Est-Ouest, enfin plus au Sud, le plateau du bourg du Gosier.

L'extrémité Sud-Sud-Ouest de la commune présente une topographie relativement plane (Figure 1) avec une plaine côtière assez étroite (liée à un bassin d'effondrement et où dominent les remplissages argileux) qui souligne un rivage essentiellement constitué de côte basses

essentiellement rocheuse (sauf à l'Est de la commune où quelques côtes à falaise sont présentes).

La transition avec la dépression de Belle-Plaine, et dans une moindre mesure celle de Saint-Félix, est abrupte, liée à un escarpement de ligne de faille (système de faille de Gosier). Ces dépressions sont à une altitude inférieure à 2,5 m. Les exutoires naturels sont la zone de Grand-Baie d'une part, et la Saline d'autre part.

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

Le sous-sol de la commune du Gosier est formée de dépôts volcano-sédimentaires et carbonatés qui couvrent un socle probablement volcanique. L'étude récente de microzonage sismique (Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013) a permis d'identifier huit unités géologiques distinctes sur la commune (Figure 2). Les deux formations carbonatées qui dominent la géologie de surface sont les calcaires biodétritiques à rhodolites, surmontées par les calcaires à polypiers. Bien que moins poussée qu'en Basse-Terre, l'altération affecte l'ensemble de ces dépôts.

Du point de vue des formations superficielles, on rencontre :

- peu de cordons littoraux sableux suffisamment développés pour être cartographiables à l'échelle du 1/25 000.
- à l'arrière de ces cordons ou dans les zones basses littorales peu agitées, on trouve des dépôts vasards de mangrove. L'aménagement de ces zones de mangrove se fait généralement par remblaiement en « tuf » calcaire.

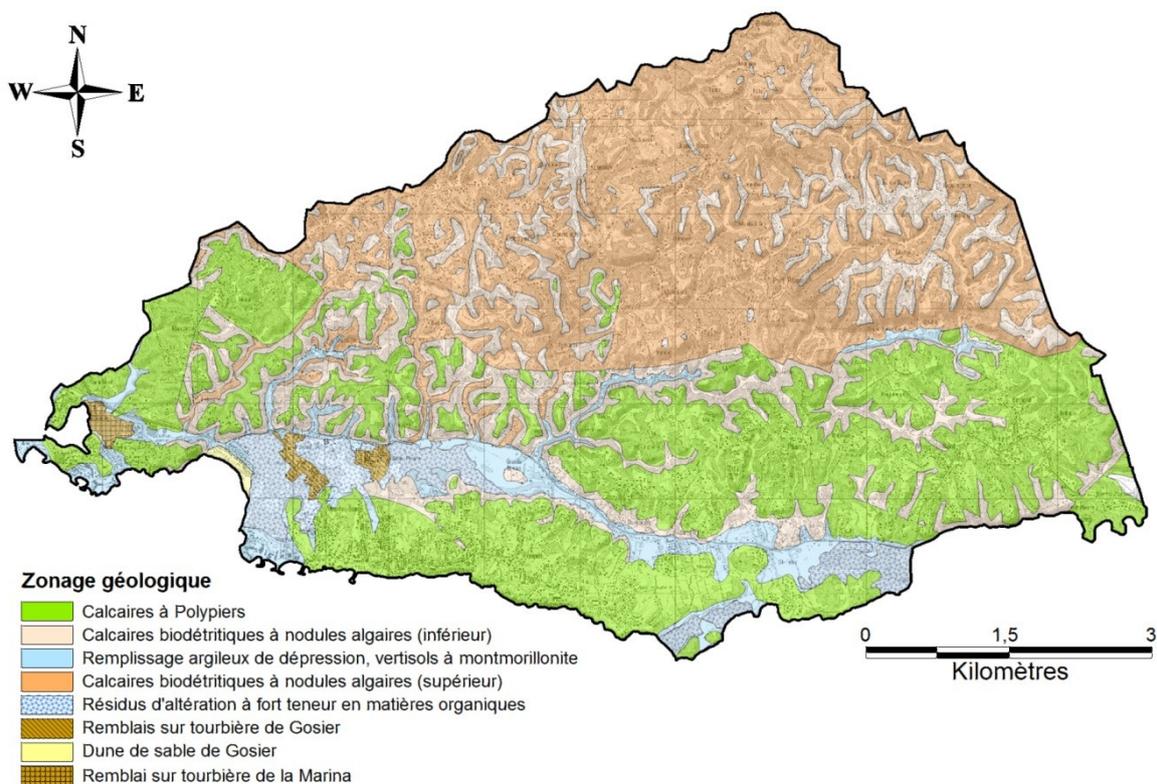


Figure 2 : Ensembles géologiques types identifiés sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013).

2.3. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DU GOSIER

Le Gosier constitue la deuxième commune de la conurbation pointoise. Le territoire communal compte 26 783 habitants qui se répartissent en 16 799 logements (INSEE, 2017).

La distribution de l'habitat sur Gosier est liée à un double processus de conquête du territoire. Dans les Grands-Fonds, l'habitat était le plus souvent lié aux petites exploitations définies sur de petites parcelles. En marge de ce mode d'habitat rural lié à la fonction de production agricole, le bourg s'est établi sur l'axe de liaison Pointe-à-Pitre – St-François. Au fil du temps la conquête du plateau littoral va se renforcer d'abord autour du bourg et des pôles constitués (St-Félix et sa distillerie) et ensuite au niveau de Mare-Gaillard pôle secondaire de la commune.

Le développement du bourg du Gosier sur un territoire qui a été longtemps consacré à l'activité agricole, est lié à l'épanouissement économique de la commune d'une part, à la proximité de Pointe-à-Pitre d'autre part. Gosier s'établit au contact de la ville de Pointe-à-Pitre dont elle constitue l'un des prolongements naturels et le territoire de résidentialisation privilégié à partir des années 1960. Le développement rapide qu'a connu Gosier après les années 1960 est notamment lié au cadre de vie très attractif de cette commune littorale inscrite au cœur de l'agglomération pointoise. Elle a par ailleurs profité dans les années 1990 des lois de défiscalisation qui ont dynamisé les secteurs du tourisme et de la construction. Le Gosier reste aujourd'hui la plus importante station balnéaire de Guadeloupe (regroupant plus de 4 %0 % des chambres d'hôtel en Guadeloupe – INSEE 2020) et dispose d'une marina à Bas du Fort.

Toutes les descriptions détaillées au niveau de la commune du Gosier concernant les espaces naturels, l'évolution de la démographie, de l'occupation du sol, les modes d'urbanisation, les principaux axes de communication, le développement économique et son histoire, etc... sont fournies dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune (PLU du Gosier, Rapport de Présentation, livret 1).

3. Phénomènes et aléas sismiques

Ce chapitre présente le contenu des documents techniques indispensables à la compréhension du PPRS du Gosier :

- La connaissance des phénomènes sismiques, qui se traduit par des cartes informatives sur ces phénomènes, d'une part ;
- La caractérisation des quatre aléas sismiques, qui donne lieu à autant de cartes des aléas, d'autre part.

Par ailleurs, la méthodologie générale de transcriptions des microzonages sismiques en PPRS est détaillée dans un support technique (rapport BRGM/RP-64339-FR, Bertil et Belvaux, 2014).

3.1. NOTIONS D'ALÉA SISMIQUE

L'aléa sismique indique la probabilité d'une action sismique due à la contribution des séismes (de magnitude ou intensité différente) pouvant se produire pendant une période de temps donnée.

La notion d'aléa sismique fait intervenir :

- d'une part, une grandeur physique quantifiable (une intensité, une accélération du sol...);
- d'autre part, une probabilité ou une période de retour associée à la grandeur physique.

L'aléa sismique régional (Figure 3) ne fait intervenir que la source (le séisme) et ses effets après la propagation des ondes sismiques dans un sous-sol supposé homogène.

L'aléa sismique local (Figure 4) traduit l'aggravation du phénomène par les caractéristiques locales du sous-sol.

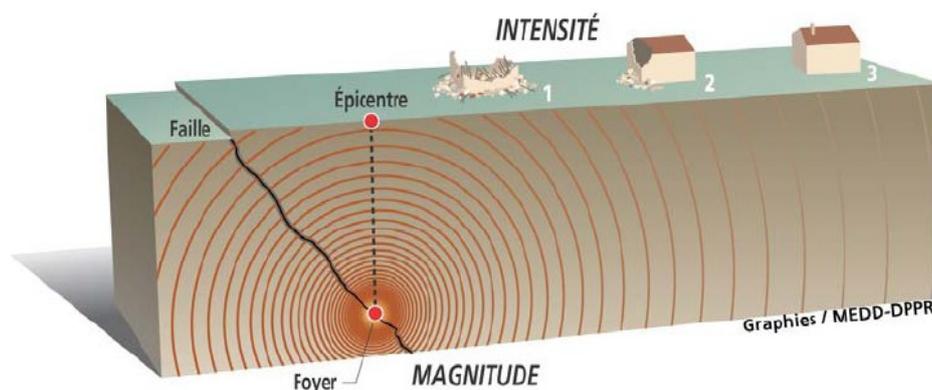


Figure 3 : Aléa sismique régional

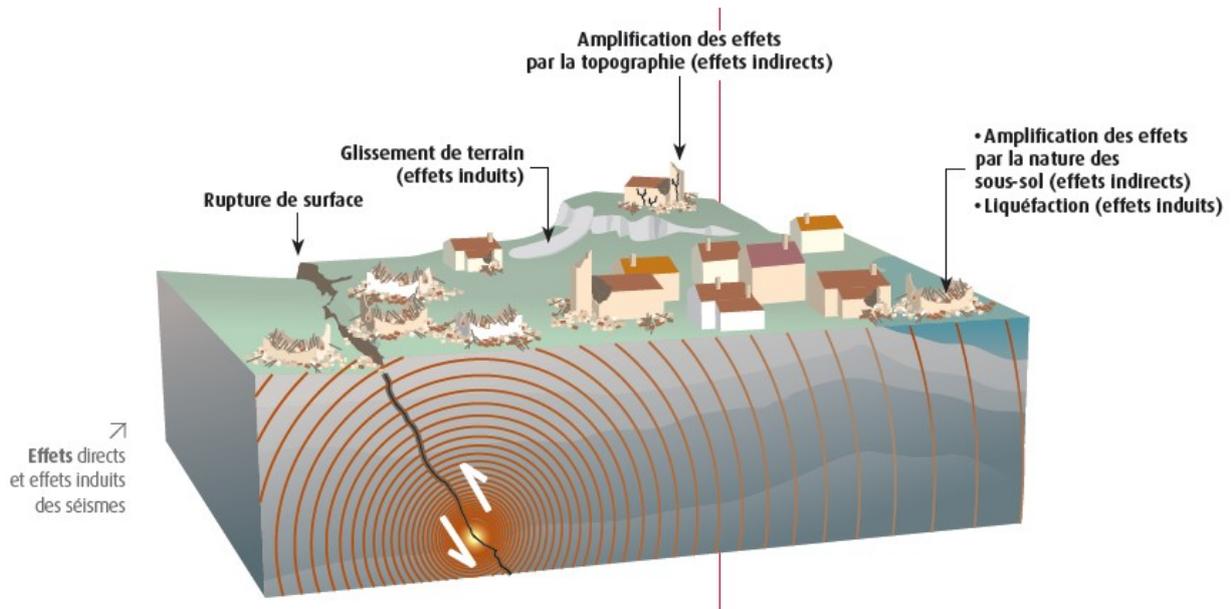


Figure 4 : Aléa sismique local

Plusieurs effets sont pris en considération, constituant autant de composantes de l'aléa sismique :

- les failles tectoniques actives et les **ruptures de surface** qui peuvent leur être associées ;
- les amplifications du signal sismique liées aux reliefs (**effets de site topographiques**) ;
- les amplifications du signal sismique liées à la nature du sous-sol (**effets de site lithologiques**) ;
- le phénomène de **liquéfaction** du sol ;
- les **mouvements de terrain, etc.**

3.2. PRINCIPAUX SÉISMES CONNUS

La Guadeloupe appartient à l'arc des Petites Antilles, qui correspond à une situation géodynamique particulière résultant de l'affrontement de la plaque Amérique du sud et de la plaque Caraïbes, la première plongeant sous la deuxième à une vitesse moyenne d'environ 2 cm/an. Cette confrontation (subduction) est responsable d'une forte activité sismique, dont les exemples historiques sont nombreux.

La sismicité au niveau de l'arc antillais se caractérise par trois types de séismes distincts :

- Les séismes volcaniques liés au fonctionnement des volcans actifs ;
- Les séismes de subduction parmi lesquels on distingue : (1) les séismes interfaces (à l'interface des plaques Caraïbes et Amérique du sud à une profondeur ne dépassant pas 40-50 km) et (2) des séismes intraplaques (dans la plaque Amérique du sud, pour des profondeurs entre 50 et 200 km) ;
- Les séismes superficiels crustaux intraplaques Caraïbe (profondeur inférieure à 20 km).

L'activité sismique y est particulièrement intense, et de nombreux séismes destructeurs ont affecté les îles des Antilles françaises. La base de données nationale des séismes historiques, Sisfrance/Antilles (BRGM, 2010), recense 21 séismes ayant été ressentis en Guadeloupe avec une intensité supérieure ou égale à VI MSK (Tableau 1).

Elaborée à partir de la base Sisfrance/Antilles (BRGM, 2010), la carte de la Figure 5 indique les épicentres des séismes connus ayant produit des intensités épicentrales estimées à VI ou plus sur les Antilles françaises.

La commune du Gosier a été particulièrement affectée par les séismes de 1843 (Intensité VIII), 1897 (Intensité VII) et 1974 (Intensité VI). Les intensités données sont les intensités ressenties à Gosier.

L'ensemble du territoire communal est concerné par les effets directs potentiellement destructeurs d'un séisme majeur.

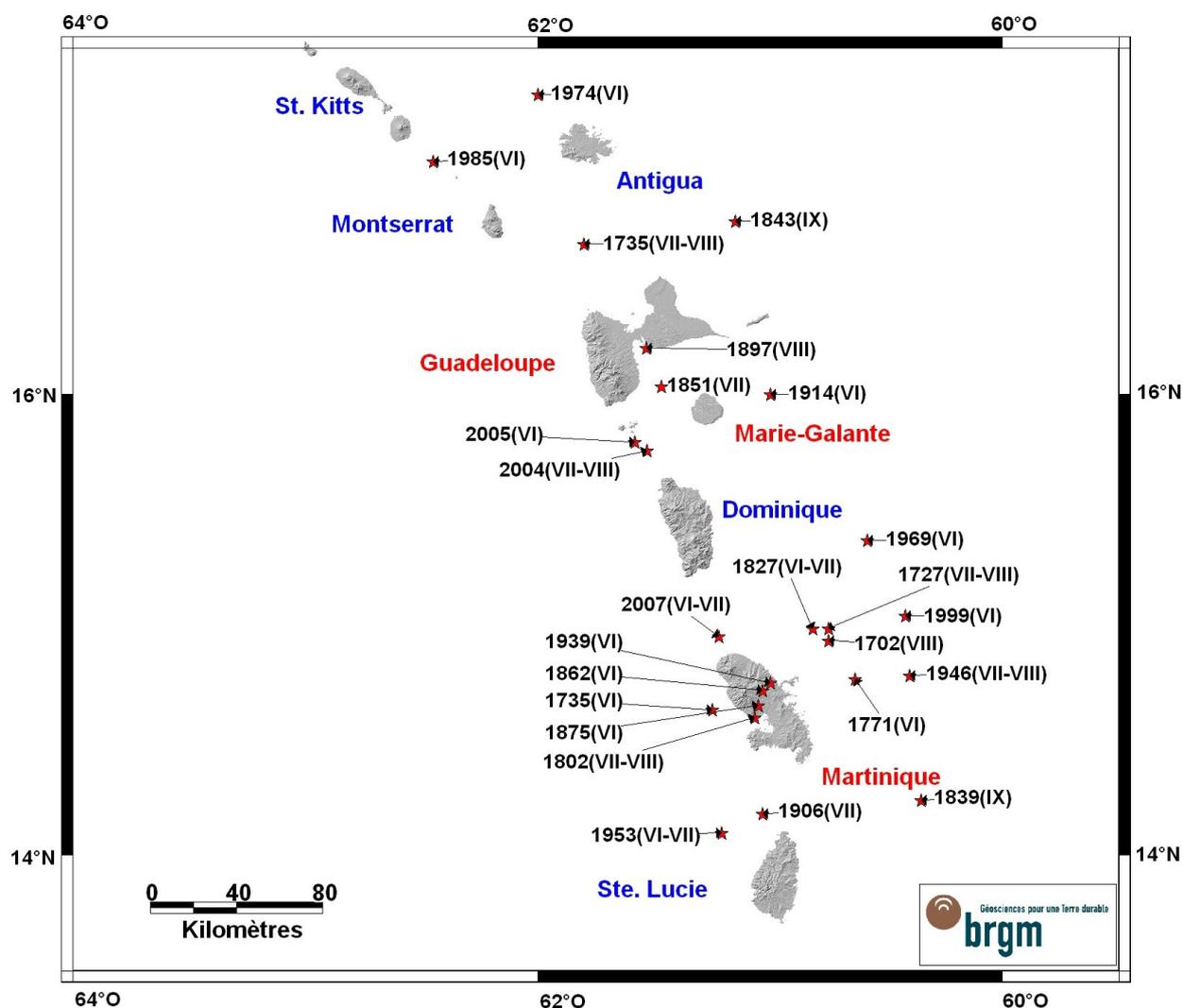


Figure 5 : Principaux séismes ayant produit des intensités VI ou plus sur la Guadeloupe ou sur la Martinique. L'intensité indiquée entre parenthèse est l'intensité maximale ressentie sur une des deux îles (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).

Date	Région épicentrale	Intensité maximale en Guadeloupe	Commune
27 Juillet 1735	Nord de la Guadeloupe	VII-VIII	Petit-Bourg, Pointe-Noire
11 Janvier 1839	Subduction à l'Est de la Martinique	VI	Pointe -- à-Pitre
8 février 1843	Subduction au Nord-Est de la Guadeloupe	IX	en Grande Terre et Petit Bourg
5 avril 1843	réplique du 8 février 1843	VI	Pointe -- à-Pitre
11 mai 1843 06 h	réplique du 8 février 1843	VI	Pointe -- à-Pitre
11 mai 1843 23 h	réplique du 8 février 1843	VI	Pointe -- à-Pitre
27 mai 1843	réplique du 8 février 1843	VI	Pointe -- à-Pitre
24 juin 1843	réplique du 8 février 1843	VI	Pointe -- à-Pitre
17 décembre 1845	Guadeloupe ? (épicentre indéterminé)	VI-VII	Pointe -- à-Pitre
16 mai 1851	Guadeloupe (Capesterre-Belle-Eau)	VII	Capesterre-Belle-Eau
9 juin 1870	Dominique ? (épicentre indéterminée)	VI-VII	Basse-Terre, Capesterre-Belle-Eau
29 avril 1897	Guadeloupe (Petit-Cul-de-Sac-Marin)	VIII	Pointe-à-Pitre
20 mai 1897	Réplique du 29 avril 1897	VI	Pointe-à-Pitre
3 octobre 1914	Subduction à l'Est de Marie Galante	VI	Pointe-à-Pitre
13 novembre 1966	Au Nord de la Guadeloupe (Subduction ?)	VI	Abymes, Pointe-à-Pitre, Le-Moule, Anse-Bertrand
24 décembre 1967	À l'Est d'Antigua	VI	Abymes, Pointe-à-Pitre
25 décembre 1969	Subduction à l'Est de la Dominique	VI	Capesterre-Marie-Galante, Pointe-à-Pitre, Lamentin, Morne-à – l'Eau, Petit-Bourg
8 octobre 1974	Nord-Ouest d'Antigua	VI	de Basse-Terre à Anse-Bertrand
16 mars 1985	Nord de Montserrat	VI	Pointe-à-Pitre
21 novembre 2004	Sud-Est des Saintes	VII-VIII	Terre-de-Haut
14 février 2005	Sud-Est des Saintes	VI	Terre-de-Bas

Tableau 1 : Principaux séismes destructeurs (Intensité maximale supérieur à VI) en Guadeloupe (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).

3.3. PRÉSENCE DE FAILLES ACTIVES

3.3.1. Phénomène et effets attendus

Une faille peut être considérée comme active si elle a subi des mouvements dans les temps historiques ou géologiques récents (Quaternaire) ou si elle montre des évidences de déplacement actuel. Concrètement, on considère souvent que les failles actives sont celles qui ont joué dans les 35 000 dernières années ou qui ont joué plusieurs fois dans les 500 000 dernières années.

Lorsqu'une faille active à l'origine d'un séisme débouche en surface, elle peut induire des déplacements le long de la ligne de rupture (rupture des terrains à la surface du sol). On parle de déformation co-sismique du sol ; cette déformation est alors caractérisée par une valeur de déplacement différentiel du sol au niveau du plan de faille. Les bâtiments et infrastructures construits sur la faille, en plus de subir de fortes accélérations du sol, sont susceptibles d'être fortement affectés par ces déplacements en surface.

L'épicentre du séisme majeur du 29 avril 1897 (magnitude estimée entre 5,5 à 6,0, de profondeur focale entre 5 km et 10 km) est situé dans la baie de Pointe-à-Pitre. Actuellement l'hypothèse la plus probable retenue est celle d'un jeu d'une des failles du système de Gosier situé au niveau de la plateforme insulaire au sud de l'îlet-à-Cochon (Terrier *et al.*, 2002).

Le système de faille de Gosier est constitué d'une faille principale, dite faille de Gosier-Sainte Anne, et de failles secondaires rattachées à la faille principale ou parallèles à celle-ci. La faille principale est localisée, d'Est en Ouest, depuis le Morne Jacques, longeant le littoral de l'Anse Petit Havre, puis au nord de Belle-Plaine, jusqu'à Grand Baie. A l'Ouest de Fort-Fleur d'Epée, la faille de Gosier se subdivise en plusieurs failles secondaires formant un tracé de failles en éventail, avant de disparaître dans la passe de la Rivière Salée et à l'ouest de l'îlet à Cochons.

Cette partie de l'archipel Guadeloupéen est actuellement soumis à un régime de déformation extensif. Le mouvement engendré par le jeu du système de failles de Gosier est dit « normal », ce qui sous-entend que les compartiments limités par les failles s'écarteront l'un de l'autre suivant une composante principale de mouvement verticale. Ainsi, le système de failles de Gosier, d'orientation générale Est-Ouest, donne lieu à l'effondrement de la plateforme calcaire située au Sud. Localement, la faille principale est marquée par un escarpement qui peut atteindre quelques dizaines de mètres de hauteur.

3.3.2. Principe de la réglementation nationale

Guide de réalisation des PPR sismiques

Le guide pour la réalisation des PPR sismiques, publié en 2002 par la DDP/SDRM précise :

Pages 26-28 : Effets liés aux failles actives – Principales techniques de prévention

« La faille active est la zone sur laquelle se génère la rupture qui donne naissance à un séisme. Elle est considérée comme un aléa à partir du moment où la dislocation des terrains atteint la surface. (.....). Le PPR offre la possibilité de maîtriser l'urbanisme dans les zones de failles avérées actives, en définissant de part et d'autre de son tracé, une bande qui peut donner lieu à des prescriptions particulières de construction en fonction du type de bâtiment(*). Tout le problème réside dans la définition précise du tracé de la faille, de la probabilité d'apparition d'une rupture en surface et de la largeur de la zone de réglementation qu'elle implique. »

(*) Il est possible de mettre en œuvre des dispositions constructives pour donner aux bâtiments une meilleure rigidité, donc une meilleure résistance aux déplacements différentiels.

Eurocode 8

L'EC8 (NF EN 1998-5, sept 2005, norme rendue obligatoire par l'Arrêté du 22/10/2010) stipule :

4.1.2 Proximité de failles sismiques actives

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

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

(3) Des reconnaissances géologiques particulières doivent être réalisées pour l'établissement des plans d'occupation des sols et pour des structures importantes qui doivent être construites à proximité des failles potentiellement actives, dans des zones de forte sismicité, afin de déterminer le danger résultant en termes de ruptures de terrain et de sévérité des secousses.

Concernant le texte des EC8, celui-ci précise que la réglementation doit être appliquée aux bâtiments de catégorie II à IV. Les failles doivent être reconnues sismiquement actives et identifiées comme telles dans les documents officiels. Aucune notion de magnitude maximale ni de période de retour n'y est cependant indiquée.

Par ailleurs, le texte des EC8 introduit pour ce qui concerne les structures sans danger pour la sécurité publique, une distinction entre les failles sismiquement actives, et les failles avec rupture(s) en surface datée(s) du Quaternaire récent. Par contre, les notions de « structures ne présentant pas de danger pour la sécurité publique » et de « Quaternaire récent » restent pour le moins floues, car on peut s'interroger s'il s'agit des « ouvrages « à risque normal » de la réglementation française » et de « la série Holocène, c'est-à-dire post -10 000 ans ».

3.3.3. Recommandations du Comité d'Évaluation des PPRS

En 2010, le CEPPRS (Comité d'Évaluation des PPRS) a formulé ses recommandations sous la forme de fiches thématiques (en libre accès sur le site internet du Plan Séisme : http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/fiches_ceprs_novembre2010.pdf). Ainsi, il est demandé que les failles ne soient retenues dans le zonage sismique que si elles ont fait l'objet d'une validation scientifique par des tiers (par exemple sous la forme de publication) et si elles sont d'une dimension suffisante pour produire un séisme de magnitude 5,5 à 6,0 (Tableau 2).

Sur la base de relations empiriques entre magnitude de séisme et dimension de la rupture co-sismique (Wells et Coppersmith, 1994), concernant les failles à mouvement normal, une magnitude M_w de 5,5 correspond à une longueur moyenne de 7,5 (± 3) km et peut donner lieu à une rupture de surface co-sismique verticale d'amplitude moyenne 10 cm ; une magnitude M_w de 6,0, correspond à une longueur moyenne de rupture de faille de 13 (± 5) km et peut donner lieu à une rupture de surface co-sismique verticale d'amplitude moyenne 20 cm.

FINALITE	<p>Identifier la présence de failles actives dans le territoire d'étude, ou en son voisinage "immédiat", dans les buts suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Identifier la possibilité d'un aléa régional fortement influencé par la présence de ces failles locales, et dans ce cas le caractériser quantitativement d'une manière homogène avec l'approche conventionnelle suivie pour la réglementation nationale. o Identifier la possibilité et le bien-fondé de dispositions d'urbanisme spécifiques dans la zone de faille.
CRITERES DE QUALITE	<p>Les critères énoncés ci-dessous correspondent à plusieurs impératifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> o Traçabilité o Reproductibilité o Robustesse o Fiabilité.
	<p style="text-align: center;">1 Analyse néotectonique de la faille</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les éléments scientifiques permettant de conclure à l'existence et à l'activité d'une faille doivent être : <ul style="list-style-type: none"> o Publics o Reconnus o Et acceptés par une proportion significative de la communauté scientifique représentative. • Un des critères pour une telle reconnaissance est l'inscription en temps que faille active dans la base de données "NEOPAL". • Pour des éléments d'information nouveaux n'ayant pas encore pu passer par le filtre NEOPAL, ils doivent au minimum être soumis au contrôle scientifique "classique" : publications, thèses, cartes géologiques ..., permettant d'assurer la qualité scientifique des techniques d'analyse et de reconnaissance utilisées, ainsi que celle de leur mise en œuvre sur le terrain. ? <i>donner un âge.</i> • La faille en question doit ainsi pouvoir être cartographiée de façon la plus détaillée possible; les niveaux d'incertitude associés tant à sa localisation, à la largeur de la zone de faille, et à la caractérisation de son activité doivent être, sinon complètement quantifiés, du moins évoqués et discutés. • Pour être susceptible de donner lieu à des dispositions particulières, cette faille active doit avoir une extension plurikilométrique capable de produire un séisme de magnitude (Mw ou Ms) supérieure à 5.7/6 avec rupture de surface co-sismique d'amplitude pluridécimétrique. Les périodes de retour associées à de tels événements doivent être estimées. • Les documents de base doivent aussi évoquer la possibilité de failles non clairement identifiées

Tableau 2 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les critères de reconnaissance des failles actives qui devront être indiquées dans les PPRS.

CRITERES DE QUALITE	2 Dispositions réglementaires spécifiques		
De telles dispositions ne peuvent se justifier que lorsque l'existence et l'activité de la faille selon les critères énoncés ci-dessus sont avérées et reconnues par la communauté scientifique.	<p>2.1 Inconstructibilité</p> <ul style="list-style-type: none"> Il apparaît largement déraisonnable en France d'interdire la construction d'ouvrage à risque normal même à proximité immédiate de failles reconnues comme actives pouvant générer une rupture de surface au cours des séismes potentiels associés. <ul style="list-style-type: none"> Cette position est directement liée au très faible niveau de l'aléa "ruptures de surface" en France (aux Antilles comme en métropole et les autres territoires à aléa modéré à moyen). De plus, les difficultés de localisation des failles et les incertitudes sur la caractérisation de leur activité, données nécessaires pour permettre de quantifier la probabilité de rupture en surface, handicapent fortement a priori leur utilisation pour légitimer une neutralisation de bandes entourant la faille. Seuls des éléments nouveaux apportant des évidences scientifiques absolument indubitables pourraient conduire à la délimitation de zones d'inconstructibilité liées à l'activité reconnue d'une faille. 	<p>2.2 Conception et dispositions constructives</p> <ul style="list-style-type: none"> Cette position de principe en faveur de la constructibilité peut cependant s'assortir : <ul style="list-style-type: none"> de recommandations concernant la conception générale de l'ouvrage, et de dispositions constructives particulières à respecter à l'intérieur de bandes cartographiées dans le PPR pour des ouvrages stratégiques pour lesquels la fonctionnalité et l'opérabilité doivent être maintenues coûte que coûte (classe D ou IV). A titre indicatif, elles concerneraient : <ul style="list-style-type: none"> tant la structure elle-même que ses fondations, l'objectif étant de la rendre peu sensible aux déplacements différentiels résiduels du sol sur lequel elle est fondée. Comme il n'existe à l'heure actuelle aucun document qui présente de telles recommandations, leur préconisation dans un règlement de PPRS devrait résulter d'un important effort de réflexion et de rédaction, qui ne peut se justifier qu'en cas de très fort enjeu (hôpital, installation "risque spécial", forte densité de population) et aléa de rupture de surface scientifiquement avéré. 	<p>2.3 Niveaux de sollicitation Population</p> <ul style="list-style-type: none"> Dans certains pays à forte sismicité comme la Californie, il est proposé : <ul style="list-style-type: none"> d'appliquer un coefficient majorateur dans une zone d'une certaine largeur (plurikilométrique) autour des failles reconnues capables de générer des séismes de magnitude 7 et au-delà. Ce coefficient majorateur est censé couvrir : <ul style="list-style-type: none"> les effets de "fling" ou "killer pulse", associés au terme de champ proche (passage du front de rupture) et les effets de directivité (analogues à l'effet Doppler). La faible probabilité d'occurrence des séismes majeurs ($M \geq 7$) aux Antilles comme en France métropolitaine rend délicate toute transcription de tels coefficients majorateurs, à moins de réflexions très approfondies et d'études poussées, permettant de préciser : <ul style="list-style-type: none"> d'une part la largeur des zones sur lesquelles de tels coefficients devraient s'appliquer et d'autre part leur niveau (+20 %, +40 % ?). Néanmoins, la prise en compte <ul style="list-style-type: none"> de cette faille active et de la sismicité associée peut amener à réévaluer l'aléa régional, suivant les conditions précisées dans la fiche "aléa régional".

Tableau 3 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les dispositions réglementaires spécifiques relatives à la prise en compte des failles actives dans les PPRS.

Les recommandations du CEPPRS sur les dispositions réglementaires relatives aux failles actives font l'objet du Tableau 3. Concernant le contexte sismotectonique français (métropole et Outre-mer), la période de retour des très forts séismes associés à des ruptures en surface d'une faille active est de plusieurs centaines d'années à plusieurs milliers d'années. De fait, l'aléa « ruptures en surface » est très faible. Le CEPPRS considère donc que seuls les ouvrages à risque normal de catégorie d'importance IV pourront être concernés par la réglementation relative aux failles actives.

Ces dispositions peuvent être :

- soit une inconstructibilité dans les zones de failles actives, dans ce cas, à la fois le tracé des zones de failles et l'activité de celles-ci devront faire l'objet d'« évidences scientifiques absolument indubitables »,
- soit des dispositions constructives particulières dans la zone de failles actives afin que la structure (et ses fondations) soit peu sensible aux déplacements différentiels du sol.

3.3.4. Cartographie des failles actives dans le microzonage sismique

L'identification et la cartographie des failles actives sur 10 communes de la Guadeloupe, dont Le Gosier, a récemment fait l'objet d'une révision (Bengoubou-Valérius *et al.*, 2012). L'étude s'appuie sur la démarche de classification et les résultats obtenus par Terrier *et al.* (2002) La mise à jour a consisté à intégrer dans l'interprétation globale de classification, les résultats des études de reconnaissances des failles actives réalisées depuis 2002.

La démarche mise en œuvre pour la classification des failles en Guadeloupe tient compte de deux critères de classification : 1) le niveau d'activité pressenti, mais aussi 2) le degré de connaissance associé à chaque faille considérée. Cette classification est réalisée en tenant compte d'un niveau de connaissance relatif, avec des objets considérés à l'échelle régionale.

Trois catégories d'activité sont définies dans le rapport de Terrier *et al.* (2002) :

- **Catégorie 3** : faille sismogène, active, de longueur supérieure à 5 km ;
- **Catégorie 2** : faille sismogène, moyennement active, de longueur supérieure à 5 km, ou faille secondaire d'une faille principale sismogène active (le jeu de la faille principale pouvant entraîner le mouvement sur la faille secondaire) ;
- **Catégorie 1** : faille peu active ou de longueur inférieure à 5 km.

A chacune de ces classes est affecté un des niveaux de connaissance suivants :

- **Niveau C** : bon niveau de connaissance régionale, information correspondant à des observations directes de la déformation.
- **Niveau B** : connaissance régionale moyenne, information déduite d'une interprétation régionale basée sur des observations indirectes de la déformation et bien renseignées.
- **Niveau A** : connaissance régionale médiocre, information déduite d'une interprétation régionale.

			Niveau de connaissance		
			bon	moyen	faible
			C	B	A
Niveau d'activité	Elevé	3	Classe 3C	Classe 3B	Classe 3A
	Moyen	2	Classe 2C	Classe 2B	Classe 2A
	Faible	1	Classe 1C	Classe 1B	Classe 1A

Tableau 4 : Classes de failles actives en fonction de leurs niveaux d'activité et de connaissance (Terrier et al., 2002). En gras les classes de failles reconnues pour la commune du Gosier.

Comme présentés dans l'étude de microzonage sismique du Gosier (Bengoubou-Valérius et al., 2013), deux systèmes de failles actives sont reconnus sur la commune du Gosier (Tableau 5) ; ce sont des failles normales d'orientation générale Est-Ouest :

- le système de failles du Gosier, dont certains segments sont classés, soit en **3B** pour les plus actifs régionalement, soit en **2C** pour les moyennement actifs.
- la faille de Kancel-Guillon, qui est classée en **2A** (faille sismogène moyennement active avec un faible niveau de connaissance régionale).

Généralement, lorsque l'on cartographie des failles actives dans un microzonage sismique, on délimite une zone qui cumule d'une part l'incertitude sur le tracé de la faille et d'autre part ses effets potentiels. Ainsi, les tracés de ces segments de failles ont été reportés avec leurs incertitudes associées sur un fond IGN à l'échelle 1/25 000^e (Figure 6).

Nom de la faille	Nom du segment	Catégorie
Kancel-Guillon	Kancel-Guillon	2A
Gosier	Darboussier – Bas-du-Fort	3B
	Belle Plaine – Dampierre	3B
	Gosier	3B
	Saint Félix – Petit Havre	2C
	Grand Baie – Ilet à Cochons	3B
	Bas du Fort-Marina	3B
	Sud Pointe Fouillole	3B
	Bourg du Gosier	2C
	Sainte-Anne	2C

Tableau 5 : Failles actives identifiées sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

3.3.5. Évaluation de l'aléa « rupture en surface » des failles actives

Les escarpements morphologiques mais aussi les décalages mesurés au niveau de marqueurs géologiques (soit par observations *in situ*, soit par sondages, soit par géophysique) observés au niveau du système de failles de Gosier indiquent un rejet vertical cumulé depuis -450 ka qui peut atteindre 40 mètres. Ce qui permet d'estimer un taux de glissement du système de failles de l'ordre de 0,1 à 0,2 mm/an.

Les estimations des valeurs maximales de magnitude susceptibles d'être atteinte par le système de failles de Gosier peuvent être calculées sur la base de relations empiriques (Wells et Coppersmith, 1994).

En supposant une rupture de la faille sur une longueur totale de 15 km, on obtient une magnitude maximale (M_w) de 6,2 ($\pm 0,3$). Ce qui donnerait un rejet vertical moyen en surface de l'ordre de 0,3 ($\pm 0,2$) m.

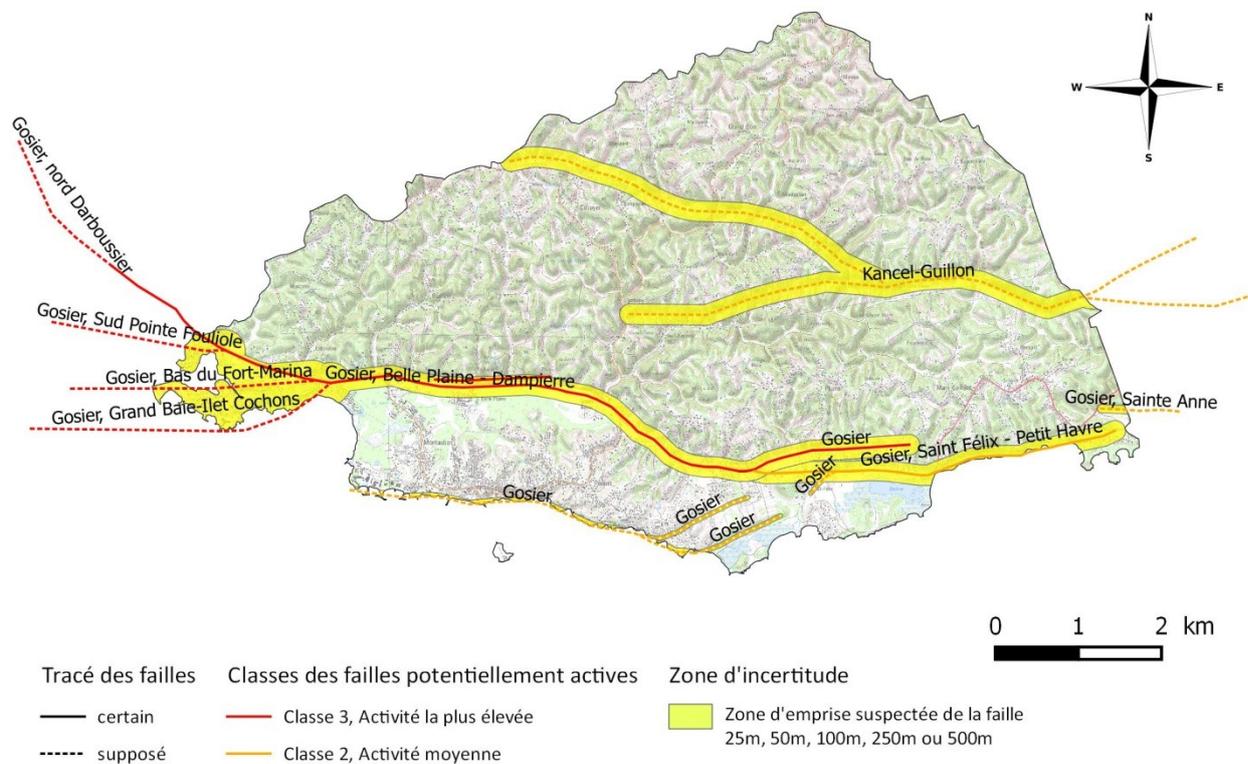


Figure 6 : Systèmes de failles identifiés sur la commune du Gosier (modifié d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

En tenant compte des données morphotectoniques et des évaluations probabilistes de l'aléa sismique, la période de retour calculée pour ces séismes majeurs serait de l'ordre de (GEOTER, 2009) :

- 4 400 ans à 9 500 ans pour des magnitudes M_w de 6,0,
- 11 000 ans à 20 000 ans pour des magnitudes supérieures (6,5).

Néanmoins une magnitude de 5,5 est suffisante pour produire une rupture en surface du sol de l'ordre du décimètre. La période de retour de ce type de séisme reste néanmoins de l'ordre du millénaire.

3.3.6. Principe de prise en compte de l'aléa « rupture en surface » dans le PPRS

Niveau d'aléa

Les failles actives de classe 3 sont celles considérées les plus actives. Les études sismotectoniques réalisées montrent un potentiel sismogénique de :

- M_w 5,5, période de retour : environ 1 000 ans,
- M_w 6,0, période de retour : environ entre 5 000 et 10 000 ans,
- M_w 6,5, période de retour : environ entre 10 000 et 20 000 ans.

Les périodes de retour des forts séismes sont donc bien supérieures à la période de référence de 475 ans retenue pour les autres aléas sismiques. Sur ces considérations et pour tenir compte de la réglementation actuelle concernant la prise en compte des failles actives dans les PPRS (cf § 3.3.2.), on considérera :

- les failles classifiées en niveau d'activité 3, en aléa moyen ;
- les failles classifiées en niveau d'activité 2, en aléa faible.

Par ailleurs, il ne sera tenu compte que des failles disposant d'un niveau de connaissance minimal C ou B (i.e. « bon » ou « moyen »).

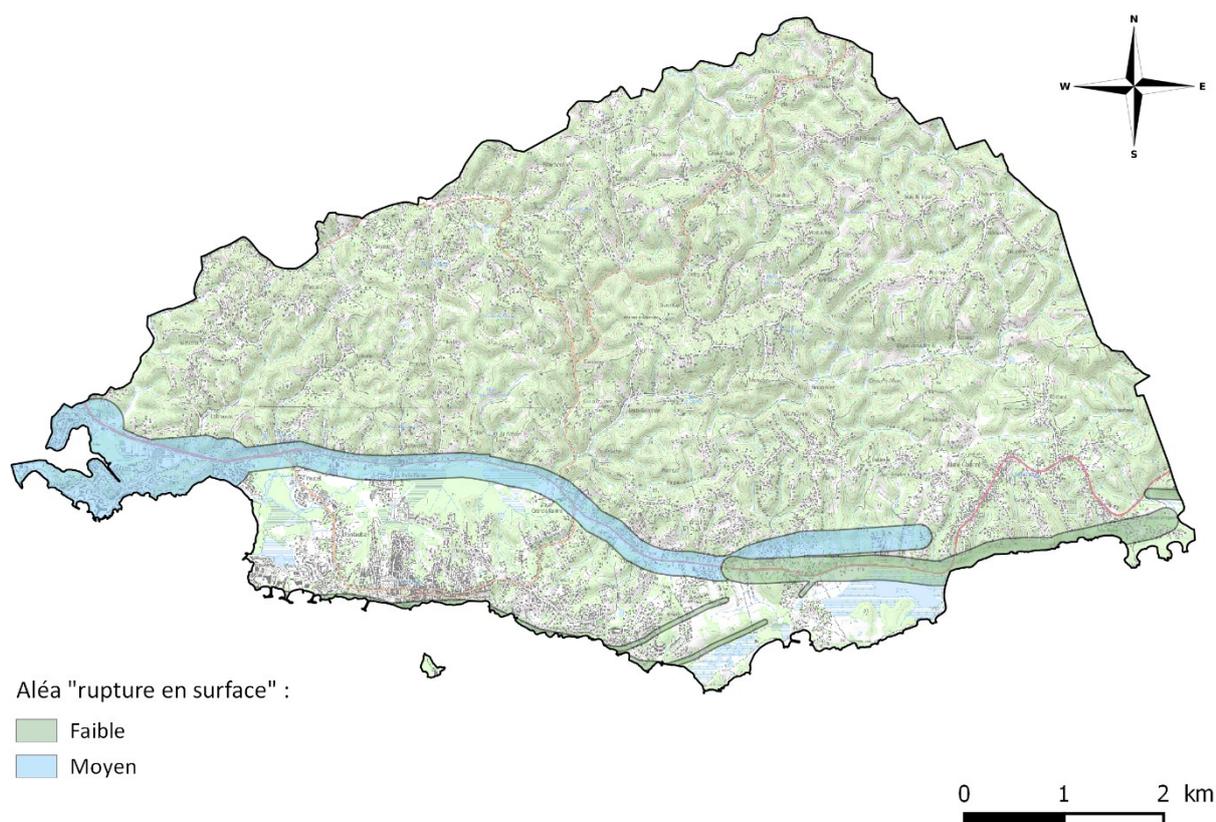


Figure 7 : Aléa « rupture en surface » identifié sur la commune du Gosier.

Application au Gosier

Ainsi et sur la base des éléments de connaissance les plus récents, le système de failles de Gosier classifié par un niveau d'activité élevé (i.e. 3) et moyen (i.e. 2) et un niveau de connaissance bon (i.e. a) à moyen (i.e. b) affecte le territoire de Baie-Mahault :

- Les segments de failles de Darboussier – Bas-du-Fort, de Belle Plaine – Dampierre, de Gosier, de Grand Baie – Ilet à Cochons, de Bas du Fort-Marina et du Sud Pointe Fouillole sont caractérisés par un aléa rupture en surface moyen (Figure 7) ;
- Les segments de failles de Saint Félix – Petit Havre, de Bourg du Gosier et de Sainte-Anne sont caractérisés par un aléa rupture en surface moyen (Figure 7).

Par ailleurs parmi les failles classifiées en niveau d'activité 2 : moyennement active, il ne sera pas tenu compte des failles disposant d'un faible niveau de connaissance (i.e. A). Le système de faille de Kancel-Guillon est donc de ce fait écartée de la caractérisation de l'aléa « rupture en surface » du PPRS du Gosier (Figure 7)

Préconisations

Sur la base des recommandations du CEPPRS de 2010 et des caractéristiques sismotectoniques des failles actives localisées sur la commune du Gosier, les préconisations suivantes sont formulées (Tableau 6) :

- Concernant les ouvrages catégorie d'importance IV situés dans les zones de failles actives de classe 3B (Tableau 5), le concepteur devra s'assurer que le bâtiment résiste à des déplacements différentiels verticaux possibles de 20 cm en cas de rupture en surface de la faille.
- Concernant les ouvrages de catégorie d'importance II et III, compte tenu du faible niveau d'aléa rupture en surface, les zones de failles actives ne seront pas soumises à des prescriptions particulières. Par contre, il sera demandé d'informer le citoyen sur la présence des failles actives (classes 3 et 2) identifiées sur le territoire communal (et donc du système de faille de Kancel-Guillon). Cette information des personnes devra par exemple être mentionnée ultérieurement dans les articles traitant des mesures générales de prévention, de protection et de sauvegarde sur les biens existants.

Niveau d'aléa	Catégorie d'importance du bâtiment			
	I	II	III	IV
Faible	-	Information sur le risque		Information sur le risque
Moyen				déplacement différentiel de 20 cm

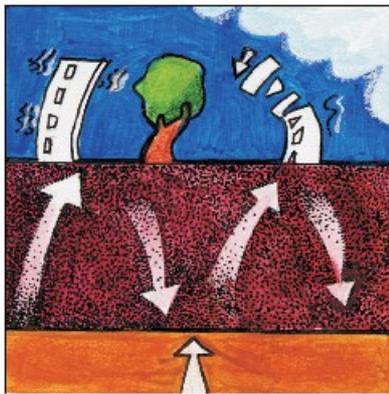
Tableau 6 : Préconisations sur la prise en compte de l'aléa « rupture en surface des failles actives » dans le PPRS du Gosier.

3.4. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES

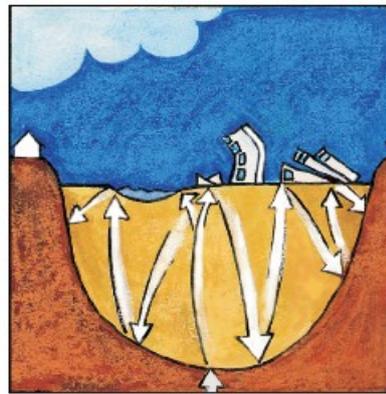
3.4.1. Phénomène et effets attendus

Pour un séisme donné, l'amplitude du mouvement du sol est généralement maximale à l'aplomb de la faille et décroît avec la distance. Mais le mouvement du sol peut varier localement en fonction de deux facteurs.

L'un d'eux est la nature du sous-sol. Les caractéristiques mécaniques de certaines formations géologiques superficielles (densité, rigidité, cohésion, etc.) et leur géométrie (empilements, contacts, etc.), sont susceptibles de modifier le signal sismique. Par exemple, les remplissages alluvionnaires meubles piègent les ondes sismiques, ce qui amplifie le mouvement du sol à la surface : on parle alors d'effets de site lithologiques. Ces effets locaux peuvent aggraver les dommages potentiels au bâti lors d'un séisme.



Source : Laurence Barret



Source : Laurence Barret

Figure 8 : Illustrations des effets de site lithologiques (Source : Laurence Barret)

En première analyse, la carte géologique (Figure 2) informe sur les zones où les effets directs potentiels (dus à la nature du sous-sol) d'un séisme peuvent être ressentis.

3.4.2. Principe de la réglementation nationale

Pour les ouvrages « à risque normal », les règles de construction parasismique sont définies par 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 ». Ce document fait référence aux règles dites « Eurocode 8 » constituées des normes NF EN-1998 accompagnées des « annexes nationales ».

Par ailleurs, l'application des dispositions définies dans le document « Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles, CP-MI Antilles » (édition 2004), rédigé par l'Association Française du génie Parasismique (AFPS), se substitue à l'application des règles Eurocode 8 pour les maisons individuelles appartenant à la catégorie d'importance II et situées en zone de sismicité 5 (aléa fort).

L'archipel de la Guadeloupe, et donc l'ensemble de la commune du Gosier, est en zone de sismicité « forte ». Les règles de construction parasismique pour le bâti neuf sur cette catégorie d'aléa s'appliquent donc à l'ensemble des bâtiments de catégories d'importance II, III et IV, avec la possibilité d'appliquer, pour les maisons individuelles, les recommandations du guide CP-MI Antilles. Pour les autres bâtiments de catégorie d'importance II (hauteur > 8 m, niveaux > 2, etc....) la norme NF EN-1998 s'applique (Tableau 7).

Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment			
	I	II	III	IV
Forte	-	NF EN-1998 ou CP-MI Antilles	NF EN-1998	NF EN-1998

Tableau 7 : Contexte réglementaire pour la conception parasismique des bâtiments « à risque normal ».

L'Arrêté du 22 octobre 2010 fixe les mouvements sismiques forfaitaires à appliquer aux bâtiments « à risque normal ». Ces mouvements sont définis sous forme de spectres de réponse élastiques à %5 % d'amortissement, avec une forme conforme à celle spécifiée dans les Eurocode 8 – partie 1 (NF EN-1998-1, 2005). Pour la zone de sismicité forte, l'accélération maximale horizontale au rocher est fixée à 3.0 m/s².

Les paramètres de ces spectres sont explicités dans le texte de l'arrêté du 22 octobre 2010 en fonction de la zone de sismicité et de la classe de sol A, B, C, D, E (Tableau 8). La réglementation prévoit en effet la prise en compte des effets de site de manière forfaitaire en caractérisant la réponse du site en fonction de la catégorie de sol selon la classification établie dans les EC8 (NF EN-1998-1, 2005).

Classe de sol	Description du profil stratigraphique
A	Rocher ou toute autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité des sols cohérents mous à fermes.
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de V_s de classes C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $V_s > 800$ m/s

Tableau 8 – Classification des classes de sol selon les EC8 (NF EN 1998-1 2005, Tab. 3-1).

3.4.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique

Le microzonage sismique consiste à identifier et à cartographier finement les zones présentant des caractéristiques géologiques, géomécaniques homogènes et une réponse sismique homogène et de fournir pour chaque zone, des paramètres de mouvements du sol propres au contexte local et qui peuvent s'avérer plus adaptés que ceux imposés par les règles nationales.

Au niveau de la Guadeloupe, dix-sept communes ont jusqu'à présent fait l'objet d'études de microzonages sismiques ; celui de la commune du Gosier fait partie des dix derniers finalisés en 2013 (Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013).

Le zonage en classes de sol

Le zonage des effets de site lithologiques du microzonage sismique a pour objet de définir des classes de sols mieux adaptés au contexte local que les classes de sols standards de la réglementation nationale.

Selon l'étude de microzonage sismique du Gosier (Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013), le territoire communal peut être divisé en 4 classes d'effets de site lithologiques (Figure 9) :

- Classe GT1 : formations argileuses de dépression et dunaires (dune du Gosier)
- Classe GT2 : remblais et formations argileuses (remblais à l'est de la Marina)
- Classe GT3 : remblais Gosier – Abymes (sur formations vaseuses riches en tourbe et/ou limon)
- Classe GT4 : terrains raides à rocheux (calcaires polypiers, calcaires à nodules algaires).

A l'échelle du microzonage sismique, on ne rencontre pas de site rocheux (au sens du substratum sismique affleurant) sur la commune du Gosier. Le secteur des Grands Fonds est considéré comme susceptible de présenter un effet de site faible (classe GT4).

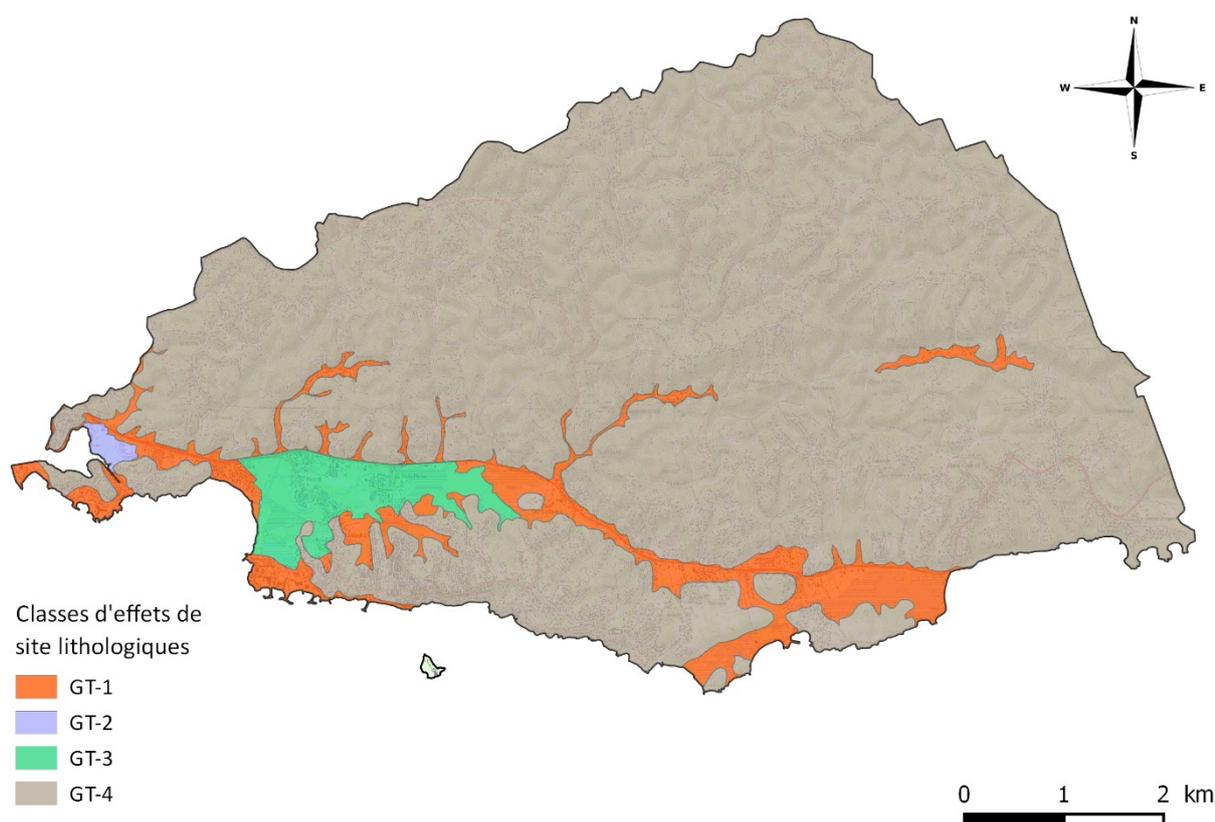


Figure 9 : Zonage spécifique des zones à effets de site lithologiques pour la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013).

Spectres de réponse élastiques associés aux classes de sols

Les spectres de réponse élastiques sont définis en respectant la définition des formes spectrales telle que préconisée dans les EC8 (Figure 10). Un spectre de réponse est ainsi déterminé par l'accélération du sol à période nulle (ou PGA pour « Peak Ground Acceleration »)

définie par le paramètre RA, les valeurs de période du début et fin de plateau en accélération (T_B et T_C) et la valeur au point d'inflexion du spectre T_D :

$$\text{Pour } 0 \leq T \leq T_B, \quad S_E(T) = RA (1 + (T / T_B) * (RM/RA - 1)) ;$$

$$\text{Pour } T_B \leq T \leq T_C, \quad S_E(T) = RM ;$$

$$\text{Pour } T_C \leq T \leq T_D, \quad S_E(T) = RM * (T_C / T) ;$$

$$\text{Pour } T_D \leq T \leq 4 \text{ s}, \quad S_E(T) = RM * (T_C / T) * (T_D / T).$$

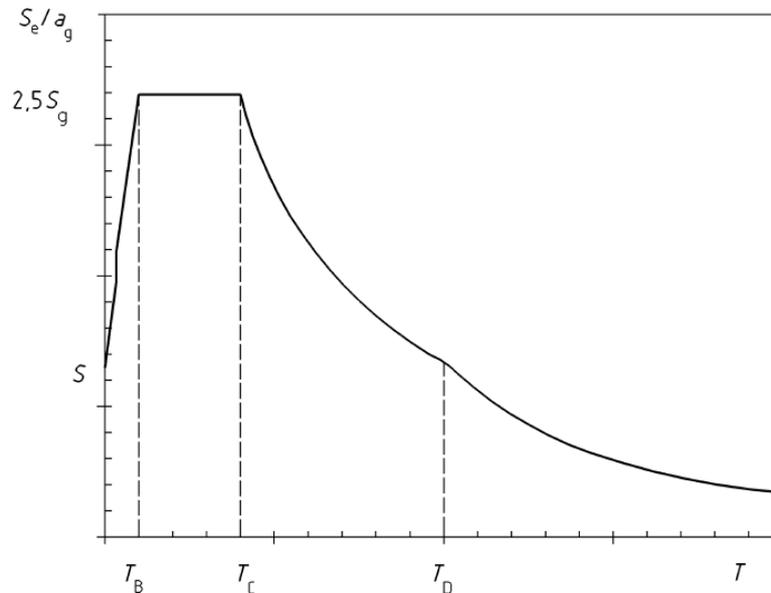


Figure 10 : Forme du spectre de réponse élastique en accélération d'après la norme parasismique EC8 référencée NF EN-1998-1.

Nota : à la différence des spectres définis dans l'Eurocode 8, le ratio plateau/PGA (R_M/R_A) diffère selon la classe de sol et il est supérieur à 2,5 pour un spectre à %5 % d'amortissement.

Les spectres spécifiques, correspondant aux quatre classes à effets de site lithologiques identifiés sur la commune du Gosier, sont représentés sur la Figure 11. Le Tableau 9 donne quant à lui, les valeurs numériques des paramètres permettant de reconstruire ces spectres de réponse et de trouver analytiquement la valeur de l'accélération spectrale pour toute valeur de la période.

Les conditions précises d'utilisation de ces spectres de réponse dans le cadre du PPRS du Gosier sont définies dans le paragraphe 4.4.5.

Le Tableau 9 fournit également la correspondance, établie par Bengoubou-Valerius *et al.* (2013), entre les classes de sols du microzonage sismique et les classes de sols courantes au sens des EC8 (Tableau 8). La comparaison des spectres spécifiques avec les spectres réglementaires est présentée sur la Figure 12. Pour toutes les zones, le spectre spécifique est plus pénalisant que les spectres EC8 aux courtes périodes (inférieures à 0,5-0,7 s). Au contraire, le spectre spécifique est moins pénalisant que les spectres EC8 pour les plus longues périodes.

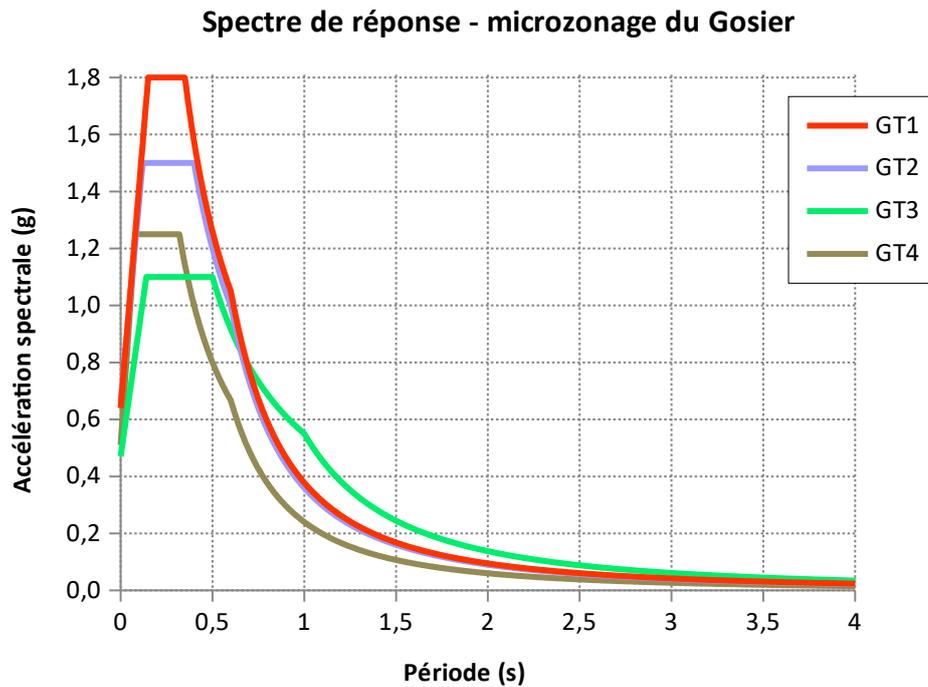


Figure 11 : Spectres de réponse spécifiques proposés pour les différentes classes d'effets de site lithologiques de la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

Classes de sol	RA (g)	RM (g)	T _B (s)	T _C (s)	T _D (s)	Classe de sols (EC8)
GT1	0,64	1,8	0,15	0,35	0,6	C
GT2	0,66	1,5	0,12	0,4	0,6	C
GT3	0,47	1,1	0,14	0,5	1,0	C
GT4	0,51	1,25	0,08	0,32	0,6	B

Tableau 9 : Paramètres des spectres de réponse élastiques par classe d'effets de site lithologiques pour la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

3.4.4. Évaluation de l'aléa « effet de site lithologique »

En plus d'associer, à chaque classe d'effets de site lithologiques, un spectre de réponse adapté à la nature du sous-sol, on cherche également à qualifier en fonction de leur intensité les phénomènes d'effets de site attendus sur un territoire, par le biais d'un niveau d'aléa, nul (terrain rocheux), faible ou moyen.

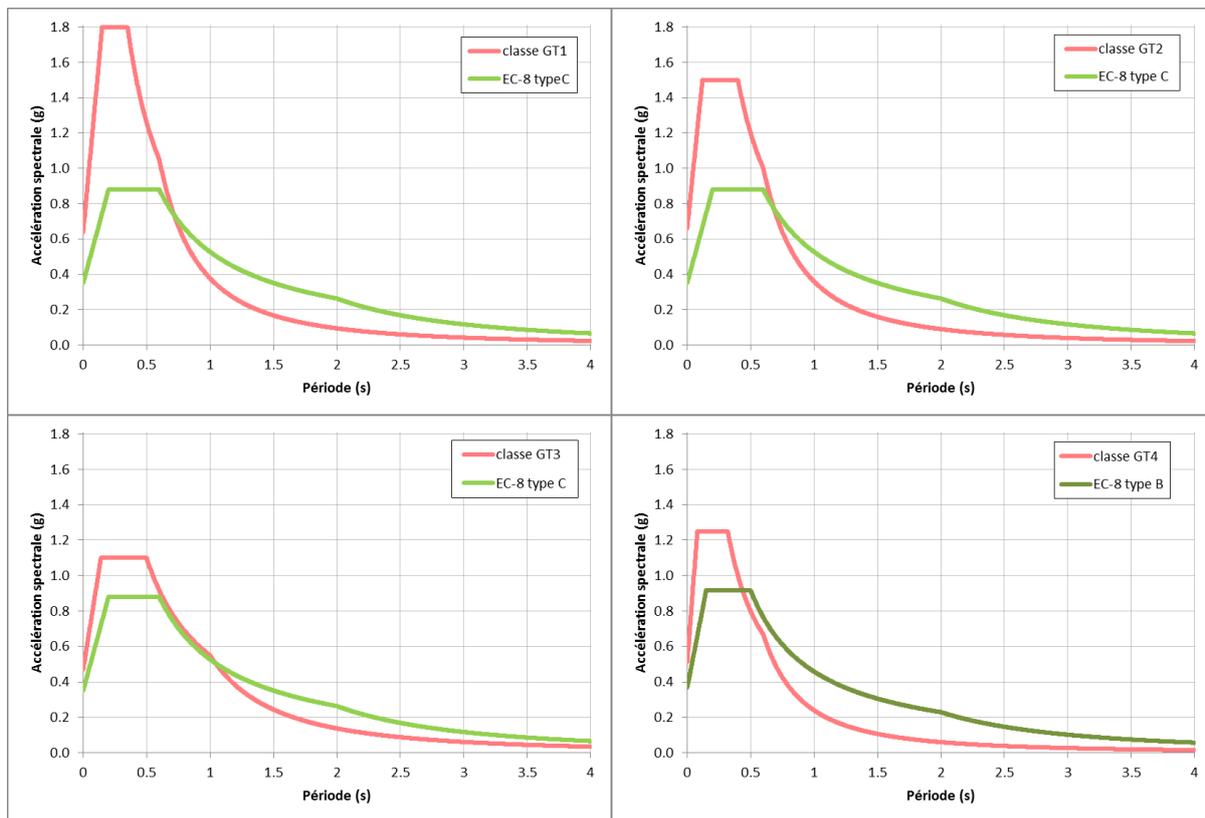


Figure 12 : Comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres EC-8, pour les quatre classes à effets de site lithologiques sur la commune du Gosier.

Caractérisation des classes de sols en termes de résonance

Les zones sujettes aux effets de site sont par définition le siège d'amplifications importantes à des périodes particulières (période de résonance du sol), intéressant une large gamme de constructions. Par ailleurs, chaque bâtiment, de par la nature de ses matériaux, sa structure, son nombre d'étages, possède lui aussi une période propre, période pour laquelle il vibre de façon privilégiée, encore appelée période de résonance du bâtiment. Si le sol se met à vibrer à cette période, le bâtiment entre en résonance : il va osciller de plus en plus fort et risque de s'effondrer. Les immeubles élevés ou souples oscillent lentement (longues périodes ou basses fréquences), alors que les maisons basses ou raides vibrent plus rapidement (courtes périodes ou hautes fréquences). La coïncidence malheureuse entre la période de résonance du sol et celle de certains bâtiments peut expliquer une partie des destructions lors d'un séisme.

La Figure 13 illustre schématiquement ce phénomène.

En première approximation, la période propre de résonance (en secondes) d'un bâtiment est égale au nombre de niveaux (dont le rez-de-chaussée) divisé par 10. Pour des sols meubles, le spectre de réponse atteint son maximum vers les périodes longues ; les immeubles élevés (plus souples) subissent une agression plus forte que les immeubles peu élevés (plus raides). A l'inverse, pour les sols rigides, le spectre de réponse atteint son maximum vers les courtes périodes : les constructions de faible hauteur subissent alors une agression plus forte. Ce type de comparaison n'est valable qu'à épaisseur de sol analogue.

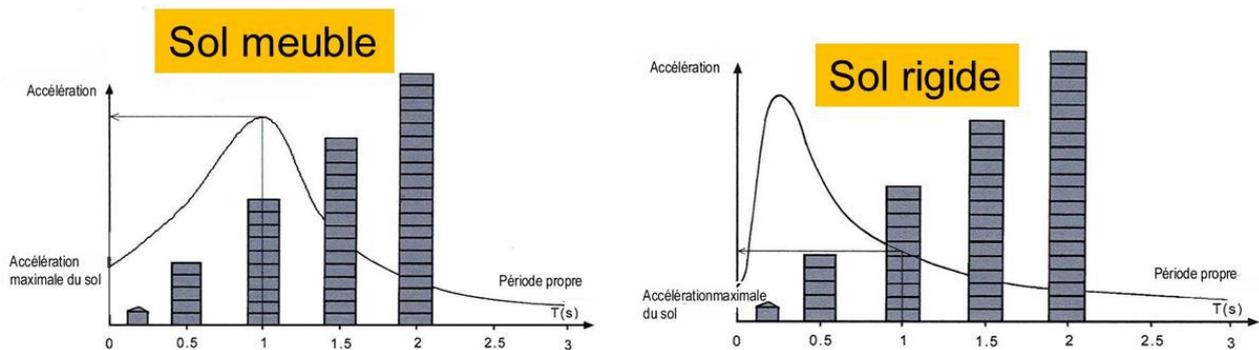


Figure 13 : Superposition schématisée entre spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment.

En dehors des spectres de dimensionnement qui intègrent ces effets, il est important de donner également une information qualitative sur la résonance des sols, afin d'attirer l'attention des constructeurs pour qu'ils adaptent en conséquence la hauteur des bâtiments. Ainsi, sur des sols très meubles en couches relativement épaisses (au moins 20 m), dont la période de résonance est élevée, on privilégiera des constructions basses, oscillant à des courtes périodes.

Il est donc proposé de qualifier en trois niveaux « faible à moyen », « moyen à fort », « fort », l'influence des effets de site lithologiques sur la résonance des constructions en rapport avec chaque classe de sol. On distingue :

- les effets sur les bâtiments de courte période propre ($< 0,2$ s), généralement des bâtiments à structures rigides ou de faible hauteur,
- les effets sur les bâtiments de période propre plus élevée ($> 0,2$ s) généralement des bâtiments à structures plus souples ou de plus grande hauteur.

Une qualification de l'importance des effets de site pour les classes de sol rencontrées sur la commune du Gosier est donnée sur le Tableau 10. Cette qualification repose sur des coefficients d'amplification explicités dans le rapport méthodologique RP-64339-FR (Bertil et Belvaux, 2014).

De fortes amplifications sont possibles pour les bâtiments rigides ou de faible hauteur sur les sols des classes GT1 et GT2. Sur les sols de classe GT3, les immeubles souples ou de grande hauteur sont susceptibles de subir une agression plus marquée que sur les autres classes. De manière générale, des amplifications significatives sont pressenties sur les sols de la classe GT1, GT2 et GT3.

Caractérisation des classes de sols pour les fondations

En fonction de la nature des sols et de ses propriétés mécaniques, la portance des sols peut varier et le mode de fondation pour les projets de bâtiment doit être adapté.

Le guide CPMI-Antilles définit 9 types de sols nommés F1 à F9, pour lesquels la portance est qualifiée. Comme pour l'influence du phénomène de résonance sur les effets de site (ci-dessus), une information qualitative sur la portance du sol de fondation est donnée dans le Tableau 10. Cette qualification repose sur des critères explicités dans le rapport méthodologique RP-64339-FR (Bertil et Belvaux, 2014). Il est proposé de définir la portance des sols en trois niveaux :

- « faible à moyenne » pour les sols mous sur lesquels des fondations spéciales sont à prévoir. La présence de ces sols devra conduire à la plus grande méfiance.
- « moyenne à bonne » pour des sols où le mode de fondation doit être apprécié au cas par cas,

- « bonne » pour des sols présentant des conditions optimales pour des projets courants.

Classe de sol	Type de sol	Effets de site sur bâtiment rigide ou de faible hauteur	Effets de site sur bâtiment souple ou de grande hauteur	Portance du sol de fondation
GT1	Argiles de dépression et zones dunaires	fort	moyen à fort	faible à moyenne
GT2	Remblais sur tourbières	fort	moyen à fort	faible à moyenne
GT3	Argiles tourbeuses et remblais sur tourbières	moyen à fort	fort	faible à moyenne
GT4	Formations calcaires	moyen à fort	faible à moyen	moyenne à bonne

Tableau 10 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire du Gosier, en termes d'influence des effets de site et de portance des sols de fondation.

Définition des niveaux d'aléa

Les deux types d'informations ci-dessus, la qualification sismologique de l'amplification de la secousse dans certaines gammes de fréquence d'une part, et la qualification géotechnique des sols (sols mous, sols raides, roches) d'autre part, permettent de définir un niveau d'aléa adapté à chaque classe à effet de site lithologique. Les critères sont résumés dans le Tableau 11.

Niveau d'aléa « effet de site »	Effets de site sur bâtiment rigide ou de faible hauteur	Effets de site sur bâtiment souple ou de grande hauteur	Portance du sol de fondation
Nul (rocher)	Nul	Nul	Bonne
Faible	Faible à moyen, ou moyen à fort	Faible à moyen, ou moyen à fort	Moyenne à bonne
moyen	Fort	Fort	Faible à moyenne

Tableau 11 : Critères de transcription de la qualification d'effets de site lithologique en niveau d'aléa pour les PPRS aux Antilles (Bertil et Belvaux, 2014).

Une classe de sol est ainsi définie en aléa moyen « effet de site lithologique » en présence d'une amplification qualifiée de forte ou d'une portance qualifiée de faible à moyenne. L'aléa « effet de site lithologique » est considéré comme faible dans tous les autres cas. Il est nul (pas de prise en compte de cet aléa) pour un rocher.

On ne définit pas de niveau d'aléa fort « effet de site lithologique », par cohérence avec la classification générale, tous aléa confondus (cf. définitions §5.1). Même avec une forte amplification de l'accélération, il est possible de trouver des mesures de construction adaptées pour dimensionner un ouvrage capable de résister au séisme.

L'application de ces critères de qualification aux classes d'effets de site lithologiques de la Figure 9 permet de hiérarchiser :

- en aléa faible « effet de site lithologique » : la classe de sols GT4 ;
- en aléa moyen « effet de site lithologique » : les classes de sols GT1, GT2 et GT3.

Et de constituer ainsi la carte d'aléa effet de site lithologique pour la commune du Gosier (Figure 14).

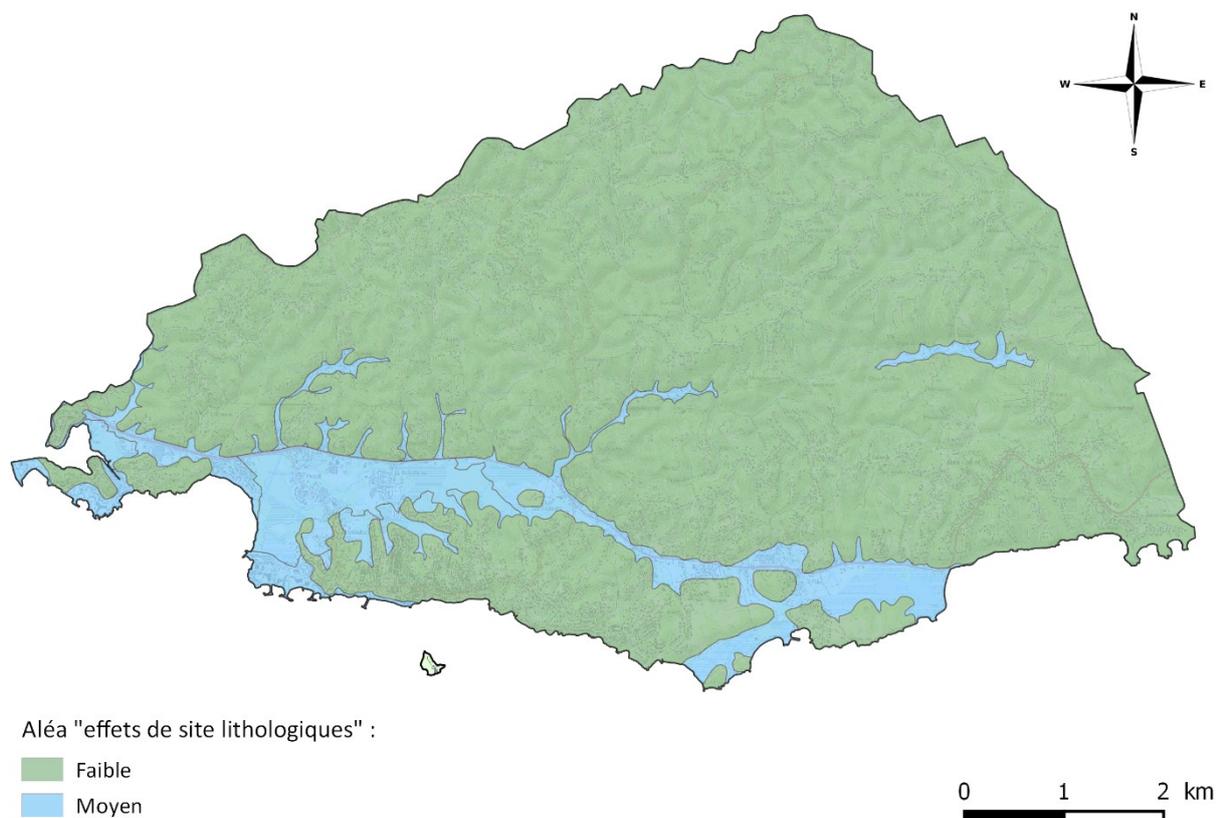


Figure 14 : Aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune du Gosier.

3.4.5. Principe d'application dans le PPRS

La mise en place d'un PPR sismique offre la possibilité de maîtriser l'urbanisme dans les secteurs sujets aux effets de site lithologiques, en définissant des zones qui peuvent donner lieu à des prescriptions particulières de construction en fonction du type de bâtiment.

En particulier, le PPRS permet de définir des spectres de réponse alternatifs aux spectres réglementaires, qui prennent en compte les caractéristiques locales des sols (Figure 11). Par ailleurs, les prescriptions sont modulées en fonction de la catégorie d'importance des bâtiments (Tableau 12) et en fonction du niveau d'aléa « effet de site lithologique » (Figure 14).

Pour les bâtiments de catégories d'importance II et III, les spectres forfaitaires de la norme sont remplacés par les spectres spécifiques issus du microzonage, et transposé dans le règlement du PPRS.

Des règles simplifiées peuvent être appliquée pour les maisons individuelles en appliquant les recommandations du guide CP-MI Antilles publié par l'Association Française de Génie Parasismique.

Pour tous les bâtiments projetés dans les zones d'aléa « effet de site lithologique » moyen, un avis géotechnique est nécessaire pour définir le mode de fondation le plus adapté. Cet avis préalable au minimum de niveau G2-AVP au sens de la norme NF-P 94-500 qui définit les missions d'études géotechniques normalisées, est recommandé dans le cas des projets de maisons individuelles, et obligatoire pour les autres bâtiments de catégorie d'importance II et pour les bâtiments de catégorie d'importance III et IV (il sera suivi si possible d'une étude de niveau G2-PRO de conception de l'ouvrage).

Niveau d'aléa « effet de site lithologique »	Catégorie d'importance du bâtiment					
	I	II		III	IV	
		maisons individuelles	autres		hors bât sur isolateurs	bât sur isolateurs
Faible	-	CP-MI Antilles ou spectre spécifique du PPRS	spectre spécifique du PPRS		spectre spécifique du PPRS	
Moyen	-	CP-MI Antilles ou spectre spécifique du PPRS étude géotechnique G2-AVP recommandé e	spectre spécifique du PPRS étude géotechnique G2 (AVP, PRO) obligatoire		spectre spécifique du PPRS étude géotechnique G2 (AVP, PRO) obligatoire	spectre spécifique au site* (étude géotechnique et étude sismique)

* : qui ne doit pas être inférieur à un spectre minimal (défini comme 2/3 des valeurs du spectre EC8 correspondant à la classe de sol du site)

Tableau 12 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques.

Les bâtiments conçus sur isolateurs parasismiques de la catégorie d'importance IV constituent un cas particulier qu'il est important de différencier. Pour ces projets, un spectre spécifique au site devra être calculé conformément aux exigences des règles nationales EC8. Les valeurs d'accélérations spectrales à retenir *in fine* ne devront pas être inférieures au 2/3 des valeurs du spectre EC8 correspondant à la classe de sols du site d'implantation du projet.

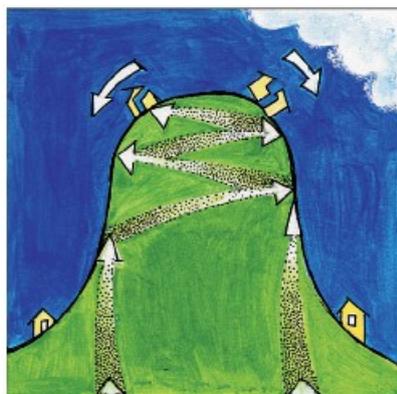
Pour les bâtiments de catégorie d'importance IV autres que ceux conçus sur isolateurs, le spectre à retenir est le spectre spécifique PPRS.

3.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

3.5.1. Phénomène et effets attendus

En plus de la nature des sols, un autre facteur susceptible de modifier le mouvement vibratoire généré par un séisme est l'irrégularité de la surface topographique. Tous facteurs étant apparemment égaux par ailleurs, on a effectivement constaté que les reliefs pouvaient entraîner des amplifications notoires d'un signal sismique (concentration des ondes dans les reliefs), en

comparaison avec un site dépourvu d'une telle topographie. Le mouvement du sol est par exemple amplifié sur les sommets, ruptures de pente, crêtes, bordures de plateau (Riepl-Thomas et Cotton, 1999), entraînant une augmentation locale de l'amplitude de certaines fréquences, et par conséquent de l'intensité du séisme. On parle alors d'effets de site topographiques.



Source : Laurence Barret

Figure 15 : Principe des effets de site topographiques (Source : Laurence Barret).

Bien que l'amplification puisse dans certains cas être très importante, elle est difficile à quantifier du fait de la complexité physique du phénomène. En effet, celle-ci dépend à la fois de la nature des ondes sismiques considérées, de leur incidence, de la géométrie du relief et des formations géologiques en place. Malgré cette complexité, les nombreuses études numériques et expérimentales menées sur les effets topographiques s'accordent sur les résultats qualitatifs généraux suivants (De Martin et Kobayashi, 2010) :

1. Le mouvement sismique est amplifié au sommet d'une montagne ou près du sommet d'une pente, et atténué au creux de canyons.
2. La bande de fréquence où l'amplification est maximale correspond à des longueurs d'onde comparables aux dimensions horizontales du relief. Les effets topographiques deviennent négligeables si la longueur d'onde est très grande devant les dimensions du relief.
3. Sur les flancs d'une montagne, l'amplitude du mouvement peut présenter de grandes variations spatiales, dues aux interférences entre ondes incidentes et ondes diffractées.
4. Plus la pente du relief est élevée, plus l'amplification du mouvement au sommet et les variations spatiales d'amplitude sur les flancs sont grandes.

Rappelons que la commune du Gosier possède une topographie accidentée puisque la zone des Grands-Fonds occupe 8 %0 % du territoire. La morphologie particulière des Grands Fonds laisse présager des effets topographiques plutôt complexes. Cette zone est en effet constituée de réseaux de petites vallées enchevêtrées entre des crêtes escarpées (pente moyenne des versants de l'ordre de 25°).

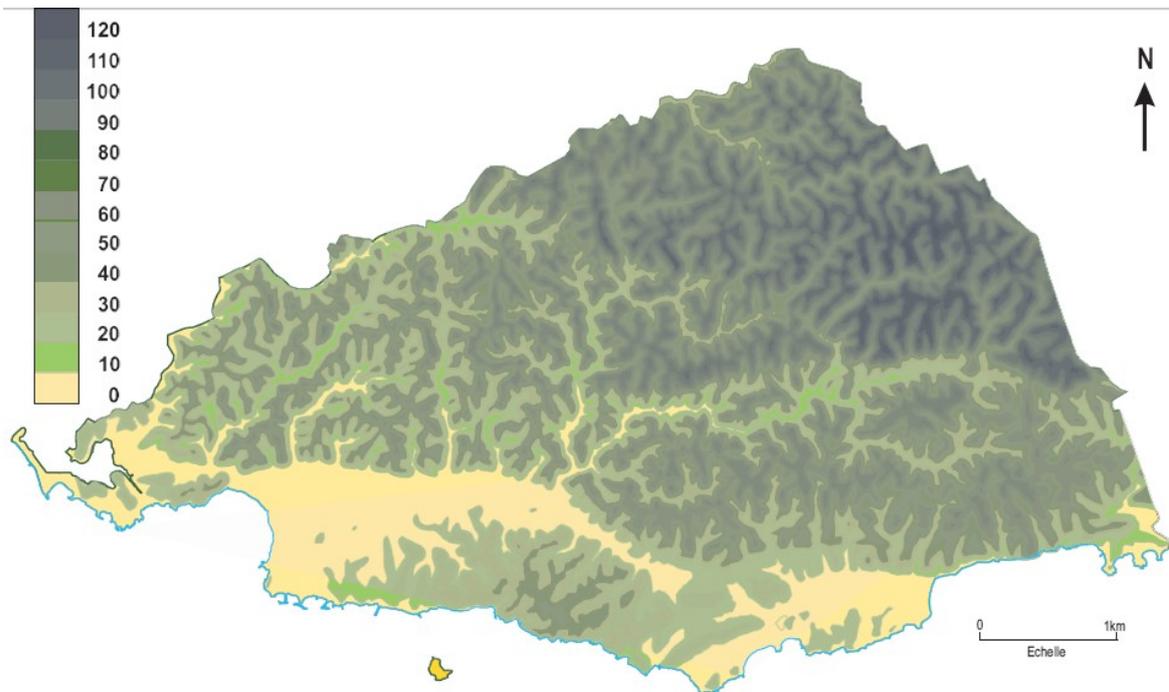


Figure 16 : Topographie de la commune du Gosier avec altitudes données en mètres (extrait du PLU du Gosier, mai 2012, livret 2).

3.5.2. Principe de la réglementation nationale

Tout comme les PS-92, les règles parasismiques EC8 introduisent une majoration de l'action sismique de calcul par le biais d'un coefficient multiplicateur d'amplification topographique S_T dans le cas des ouvrages implantés sur des sites au relief particulièrement marqué. Comme stipulé dans la norme NF EN 1998-5 2005 (extrait ci-dessous), le coefficient d'amplification topographique varie entre 1 (pas d'augmentation des accélérations des spectres de réponse élastiques) et 1,4 (majoration de 40 % des accélérations). Il est évalué selon les mêmes principes de calcul que ceux utilisés pour la stabilité des pentes (cf. EC8-5 et son Annexe A) :

4.1.3.2 Action sismique

(2)P Une majoration de l'action sismique de calcul doit être introduite, par le biais d'un coefficient d'amplification topographique, dans les vérifications de la stabilité du sol pour des structures avec un coefficient d'importance γ plus grand que 1.0 et situées sur ou à proximité de pentes.

NOTE Des indications pour les valeurs du coefficient d'amplification topographique sont données dans l'Annexe Informative A.

Annexe A (informative) – Coefficients d'amplification topographique

A.1 (.....) Ces coefficients, notés S_T , sont considérés, en première approximation, comme indépendants de la période fondamentale de vibration et, par là-même, multiplient par un facteur constant les ordonnées du spectre de réponse élastique de calcul donné dans l'EN 1998-1:2004. Il convient d'appliquer ces coefficients d'amplification de préférence lorsque les pentes font partie d'irrégularités topographiques bidimensionnelles, comme les buttes et versants longs de hauteur supérieure à environ 30 m.

A.2 Pour des inclinaisons moyennes des terrains en pente, inférieures à environ 15°, les effets topographiques peuvent être négligés, alors qu'une étude spécifique est recommandée dans le cas d'une topographie locale fortement irrégulière. Pour des inclinaisons plus importantes, les indications suivantes sont applicables :

(a) Versants et pentes isolés. Il convient d'utiliser une valeur $S_T \geq 1,2$ pour les sites situés à proximité de la crête ;

(b) Buttes dont la largeur de la crête est notablement inférieure à la largeur à la base. Il convient d'utiliser une valeur $S_T \geq 1,4$ à proximité de la crête des pentes dont l'angle d'inclinaison moyen est supérieur à 30° , et une valeur $S_T \geq 1,2$ pour les angles inférieurs ;

(c) Présence d'une couche lâche en surface. Dans le cas d'une couche lâche en surface, il convient d'augmenter la valeur de S_T , donnée en (a) et (b), d'au moins 2 % ;

(d) Variation spatiale du coefficient d'amplification. On peut admettre que la valeur de S_T décroît linéairement, en fonction de la hauteur au-dessus de la base du versant ou de la butte, jusqu'à valoir un à la base.

3.5.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique

Les effets de site topographiques ont été pris en compte dans le cadre du microzonage sismique du Gosier (Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013), par l'application d'une approche forfaitaire empirique inspirée de la précédente réglementation parasismique française PS92, reprise au niveau européen (EC8). Le coefficient d'amplification topographique S_T est obtenu à l'aide de formules empiriques basées sur l'analyse de profils topographiques bidimensionnels. Le principe de son calcul est décrit dans Bengoubou-Valerius *et al.* (2013).

Pour la commune du Gosier, le coefficient d'amplification topographique a été calculé en chaque maille du modèle numérique de terrain (MNT). La résolution du MNT utilisé pour les calculs conditionne très fortement les résultats de l'analyse, tant en termes d'ampleur du phénomène que d'étendue des zones de susceptibilité. Le pas du MNT utilisé dans l'étude du microzonage sismique du Gosier est de 20 mètres, résolution insuffisante pour une analyse fine de la topographie mouvementée de la zone des Grands Fonds. La cartographie à cette échelle est donc relativement conservatrice et la zone susceptible de présenter un effet de site topographique couvre ainsi une très grande partie de la commune (Figure 17). La cartographie des zones exposées à un effet de site topographique indique de manière qualitative les zones où le coefficient S_T serait susceptible d'être supérieur à 1, c'est-à-dire les zones où ce phénomène devra être pris en compte pour le dimensionnement d'ouvrage.

3.5.4. Principe d'application dans le PPRS

Le PPRS ne donne aucune prescription spécifique autre que l'application de la réglementation nationale.

La prise en compte des effets de site topographiques dans le calcul de l'agression sismique requière une géométrie suffisamment fine du relief à l'échelle de la parcelle visée par le projet de construction. Dans le cadre du PPRS, le principe est d'évaluer d'un point de vue cartographique les zones où peuvent se produire ces phénomènes. Ainsi les zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune du Gosier (Figure 17) n'ont qu'une valeur informative pour indiquer les secteurs où une évaluation précise de la pente à l'échelle de la parcelle est souhaitable pour l'application du coefficient multiplicateur S_T . Elles 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.

Pour les maisons individuelles rentrant dans le champ d'application du guide CP-MI Antilles, lorsque la pente du terrain d'assise de la construction ne dépasse pas 20° , aucun coefficient n'est à prendre en compte, mais des prescriptions portant sur l'adaptation à la pente doivent être respectées.

Pour tous les autres projets de bâtiments de catégories d'importance III et IV à implanter sur des terrains d'inclinaison moyenne supérieure à 15° , et afin de tenir compte de l'effet de site

topographique selon la démarche préconisée par les règles EC8, un coefficient multiplicateur S_T doit être appliqué à l'ensemble du spectre de réponse élastique associé à la classe de sols sur le site de construction et à la catégorie d'importance du bâtiment. Dans ces cas, la reformulation des points A.2(a) et A.2(b) de l'Annexe A, implique l'usage des valeurs suivantes de S_T :

- 1,2 pour les pentes fortes et falaises isolées ;
- 1,2 pour les escarpements dont le sommet est plus étroit que la base et dont la pente est comprise entre 15° et 30° ;
- 1,4 pour les escarpements dont le sommet est plus étroit que la base et dont la pente est supérieure ou égale à 30° .

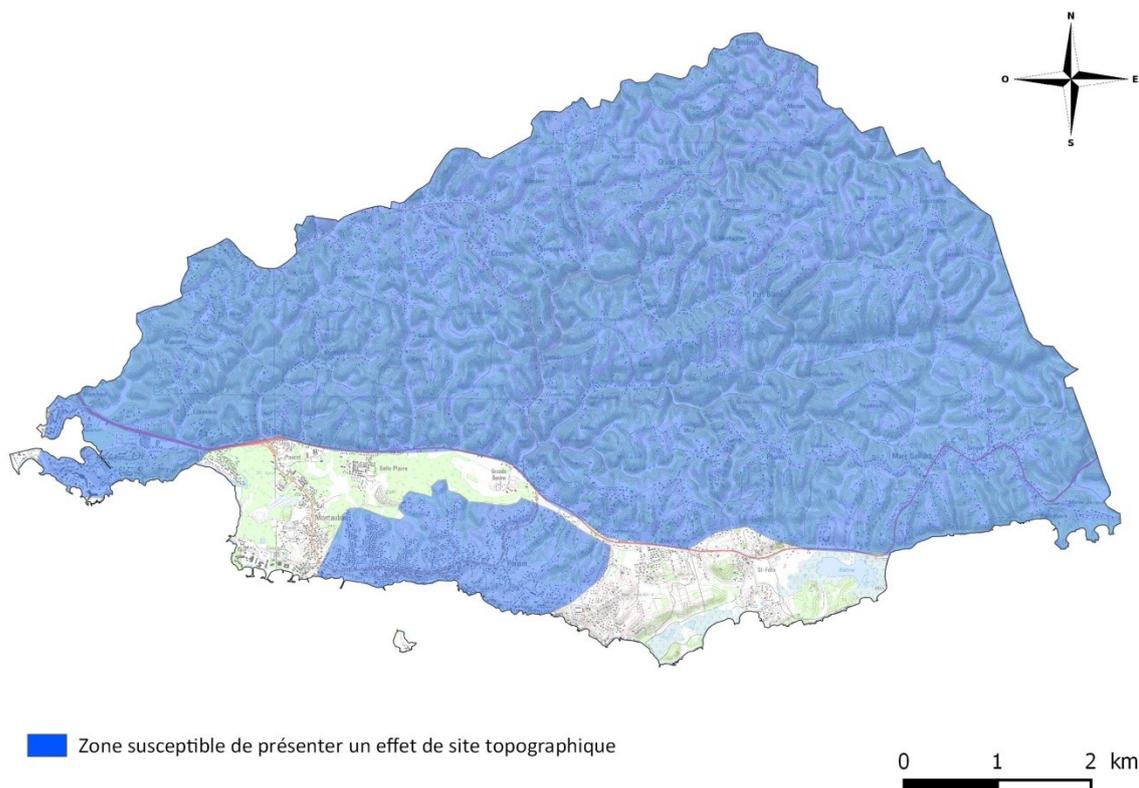


Figure 17 : Zones susceptibles de présenter un effet de site topographique sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

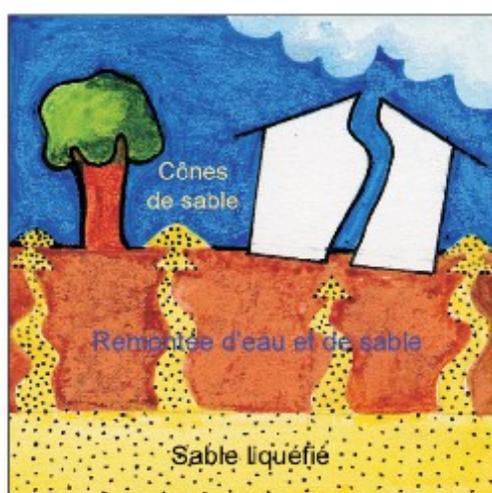
Par défaut et en l'absence d'information précise sur la pente au niveau de la parcelle, ce coefficient S_T sera forfaitaire avec une valeur de 1,4 (majoration de 40 % des ordonnées du spectre de réponse élastique). Si la topographie est calculée précisément à l'échelle de la parcelle, le calcul de l'EC8 (NF EN-1998-5) peut être repris pour revoir à la baisse le coefficient S_T .

Aléa « effet de site topographique »	Catégorie d'importance du bâtiment				
	I	II		III	IV
		maisons individuelles	autres		
-	CP-MI Antilles	EN-1998		EN-1998	

3.6. LIQUÉFACTION DES SOLS

3.6.1. Phénomène et effets attendus

Plusieurs types de phénomènes naturels peuvent être déclenchés par un séisme ; on parle alors d'effets induits. C'est notamment le cas du phénomène de liquéfaction qui induit une perte momentanée de portance de certains types de sols (horizons sableux ou limoneux, saturés : la secousse sismique provoque une augmentation de la pression de l'eau dans le sol, ce qui diminue sa résistance au cisaillement, et donc sa portance. Selon l'importance du séisme et l'épaisseur du sol liquéfié, ces terrains peuvent subir des déformations permanentes (tassements, poinçonnements, glissements latéraux) dont l'amplitude peut être très variable (de quelques centimètres à plusieurs mètres), et qui se révèlent particulièrement dommageables pour les constructions reposant sur ces formations. On peut aussi observer des phénomènes de remontée de nappes causant des inondations localisées, de remontée des gaines techniques des réseaux urbains, rendues flottantes sous la poussée d'Archimède.



Source : Laurence Barret

Figure 18 : Illustration du phénomène de liquéfaction des sols (source : Laurence Barret)

La réglementation impose de s'interroger sur le risque de la liquéfaction des sols situés jusqu'à 20 mètres de profondeur ; elle se produit sur des sols non cohérents lâches et saturés, tels que par exemple, des alluvions récentes ou des remblais hydrauliques non compactés.

En plus de sa nature, une autre condition pour qu'un sol soit liquéfiable sous contrainte sismique, est sa saturation. Par conséquent, la position de la nappe phréatique est un paramètre important d'étude pour juger de la susceptibilité d'un terrain vis-à-vis de la liquéfaction. Ce paramètre est relativement difficile à calculer, car il dépend à la fois de la porosité des terrains, du contexte morphologique, des variations saisonnières et des contraintes d'exploitation humaine.

Dans le temps, la liquéfaction régresse au fur et à mesure que la surpression interstitielle se dissipe après la fin du séisme, un procédé qui peut prendre quelques minutes dans le cas de sables propres, jusqu'à un jour et plus dans le cas des sables argileux. C'est une deuxième source de risques car ce comportement implique un réarrangement de la structure du sol, pouvant donner lieu à des tassements supplémentaires et au développement d'efforts

tranchants ou de moments fléchissants dans les fondations de bâtiments ou les structures enterrées.

En résumé, il y a risque de liquéfaction sous l'action d'un séisme, quand :

- Premièrement, la nature du sol est sensible à la liquéfaction, c'est-à-dire un terrain granulaire, dans un état peu compact, peu contraint et situé sous la nappe. L'étude des paramètres d'identification des sols (essais en laboratoire) donnent des critères précis déterminant les sols « *a priori* suspects de liquéfaction » et ceux « considérés comme exempts de risque ».
- Deuxièmement, qu'il y ait opportunité à la liquéfaction, c'est-à-dire subir des secousses sismiques suffisamment énergiques par rapport à la résistance mécanique du sol.

En complément de la carte géologique (Figure 2), le zonage des terrains propices aux effets de site permet de localiser plus précisément les zones où des phénomènes de liquéfaction peuvent potentiellement survenir en cas de séisme, en fonction de l'ensemble des critères ci-dessus. Les formations superficielles sableuses à silteuses voire graveleuses qui tapissent le fond de baies, les zones de mangroves ainsi que les plaines alluviales des rivières sont particulièrement étudiées.

Si l'on en croit le témoignage qui en a été fait par le géologue Charles Sainte-Claire Deville, le séisme du 8 février 1843 aurait eu pour conséquence la liquéfaction des sols dans de nombreuses zones de la Guadeloupe. Des observations typiques des effets induits par la liquéfaction sont rapportées : fissures dans le sol, éjection de matériaux « liquides », etc. Ces mouvements ont par ailleurs tous été décrits « *dans des lieux bas et presque au niveau de la mer ou d'une rivière* ». La commune de Baie-Mahault n'est pas explicitement citée dans le témoignage de Charles Sainte-Claire Deville de 1843. Mais comme il le dit lui-même, son témoignage n'est pas exhaustif. L'absence de citation explicite de Baie-Mahault ne signifie donc pas forcément que la liquéfaction ne s'y est pas produite.

3.6.2. Principe de la réglementation nationale

A ce jour, le document de référence pour l'évaluation du risque de liquéfaction est la norme NF EN-1998-5 : Eurocode 8, partie 5. En voici, en résumé, les grandes lignes :

- 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 sable lâche, 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 ».

Cette évaluation implique quasi systématiquement la réalisation de sondages avec mesures des caractéristiques intrinsèques et des caractéristiques mécaniques des sols (essais SPT ou CPT, et courbes granulométriques). Ces paramètres permettent d'évaluer de manière précise les critères d'exclusion (c'est-à-dire identifier les sols n'étant pas susceptibles à la liquéfaction), en fonction de leur profondeur, du contexte sismique, des paramètres d'identification (proportion de silt, proportion d'argile, indice de plasticité, propreté des sables) et des paramètres mécaniques (valeur du nombre de coup SPT).

- En cas de susceptibilité avérée, une évaluation de la potentialité à la liquéfaction doit être menée ; l'Eurocode 8 (NF EN 1998-5, 2005) préconise l'utilisation de :

« méthodes reconnues d'ingénierie géotechnique, basées sur des corrélations expérimentales entre mesures in situ et contraintes critiques de cisaillement cyclique dont on sait qu'elles ont causé une liquéfaction lors de séismes passés ».

Les méthodes consistent à calculer un coefficient de sécurité FS, rapport entre la contrainte de cisaillement sismique (détails du calcul fournis par l'Eurocode 8) et la contrainte critique provoquant la liquéfaction. Les règles de l'Eurocode 8 considèrent un sol potentiellement liquéfiable pour un coefficient de sécurité inférieur à 1,25.

- En termes d'aménagement de la construction projetée, l'Eurocode 8 (Partie 5, §4.1.4.) précise que :

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

Cette réglementation nationale est accompagnée de plusieurs guides techniques. L'Association Française du génie Parasismique (AFPS) a ainsi édité d'une part un guide à destination des maisons individuelles construites aux Antilles françaises : « *Construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles – Guide CPMI Antilles* » – Recommandations AFPS – tome IV – nouvelle édition 2004. Ce guide reprend en partie et simplifie les règles PS92 (réglementation antérieure à l'Eurocode 8) pour les projets de « petite » taille tels que les maisons individuelles.

D'autre part, l'AFPS a aussi édité un guide technique présentant les « procédés d'amélioration et de renforcement de sol sous actions sismiques ». Ce guide complète et précise l'Eurocode 8, en particulier pour ce qui concerne l'évaluation de la liquéfaction.

3.6.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique

La commune du Gosier a récemment bénéficié d'une étude de microzonage sismique (Bengoubou-Valerius *et al.*, 2013), où ont été évaluées la susceptibilité qualitative, puis la susceptibilité quantitative à la liquéfaction. Il s'agit de l'étude la plus récente permettant d'établir une cartographie des zones potentiellement liquéfiables sur la commune du Gosier. La susceptibilité qualitative a été évaluée suivant les règles PS92 (en vigueur jusqu'au 31/10/12), à partir de paramètres d'identification des terrains (granulométrie, limites d'Atterberg, teneur en eau). La susceptibilité quantitative a été calculée à partir des résultats d'essais *in situ* CPT. Dans l'étude, les niveaux de l'aléa liquéfaction ont été qualifiés en fonction de quelques valeurs indices de liquéfaction (I_L) mesurés sur les terrains susceptibles. C'est cette valeur de I_L qui est tout d'abord traduite en niveau de sévérité puis en niveau d'aléa liquéfaction.

La cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune du Gosier est présentée sur la Figure 19. Reposant sur des critères de valeurs de l'indice I_L , la qualification de l'aléa liquéfaction peut être reprise sans modification pour l'instruction d'un PPR sismique.

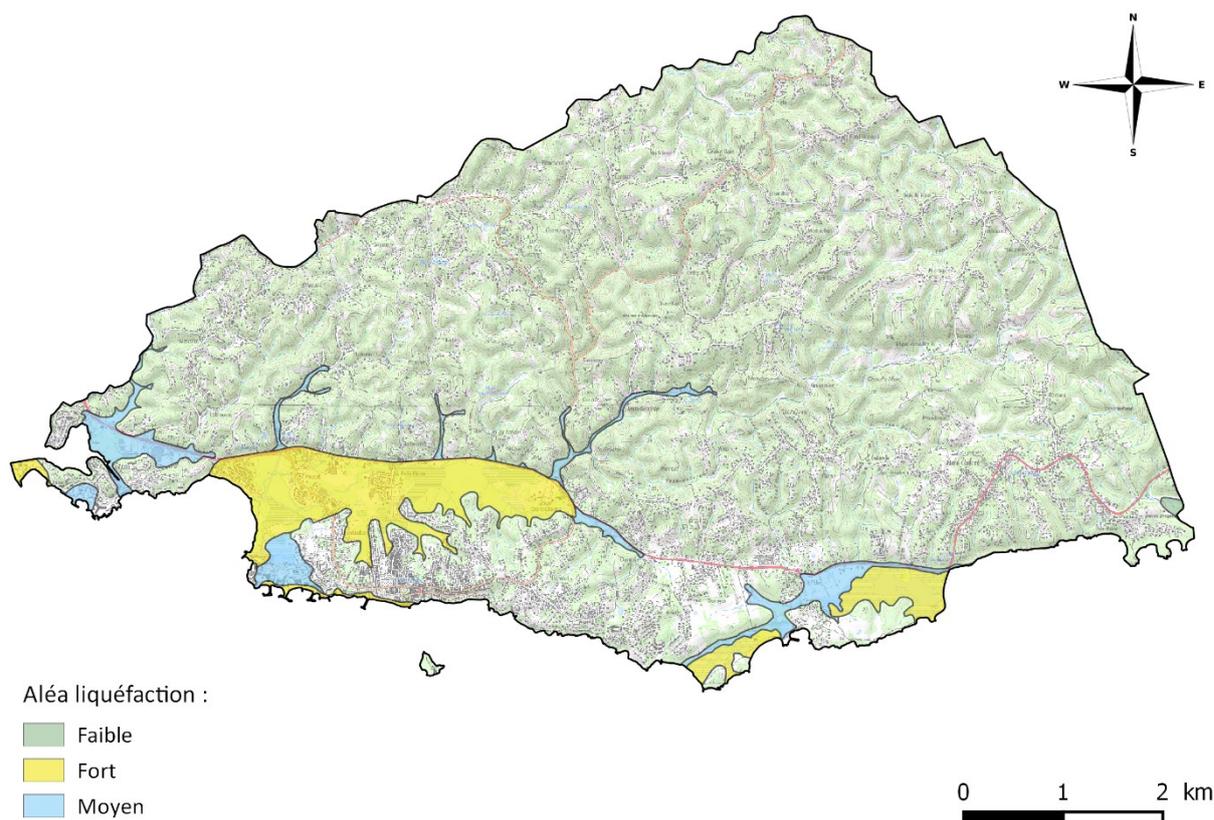


Figure 19 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune du Gosier (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2013).

3.6.4. Principe d'application dans le PPRS

La carte de l'aléa liquéfaction (Figure 19) fait apparaître trois niveaux de qualification :

- l'aléa liquéfaction faible en vert,
- l'aléa liquéfaction moyen en bleu,
- l'aléa liquéfaction fort en jaune.

Sur le plan réglementaire, les secteurs identifiés comme soumis aux aléas liquéfaction faible, moyen et fort feront l'objet de prescriptions en cas de construction sur ces terrains (Tableau 14).

Les zones classées en aléa liquéfaction fort et moyen présentent de manière avérée des terrains susceptibles de liquéfier en cas de séisme. Par conséquent, l'étude géotechnique de ces sols préalable à la construction devra être systématique pour en connaître l'épaisseur et pour quantifier les conséquences du phénomène sur les fondations et sur le bâti. Cette étude devra être au minimum de niveau G2-AVP avec la mise en œuvre de moyens permettant d'estimer le risque de liquéfaction ; si ce risque est avéré il est demandé de réaliser une étude de niveau G2-PRO (au sens de la norme NF-P 94-500 qui définit les missions d'études géotechniques normalisées).

Niveau d'aléa liquéfaction	Catégorie d'importance du bâtiment				
	I	II		III	IV
		maisons individuelles	autres		
Faible	-	Avis géotechnique recommandé	étude G1-PGC, complétée par d'autres moyens (type CPTu) en vue de vérifier la présence ou non de sols liquéfiables		
Moyen / Fort	-	une étude G2-AVP suivie d'une G2-PRO			

Tableau 14 : Principe de réglementation pour la liquéfaction.

Les prescriptions sont moins contraignantes en zones d'aléa liquéfaction faible. Il faut d'en un premier s'interroger sur la présence ou non de terrains véritablement liquéfiables. C'est l'objet des études de type G1-PGC qu'il faudra nécessairement compléter par d'autres moyens à mettre en œuvre (type sondage CPTu) en vue de vérifier la propension des terrains à liquéfier ou non.

Ainsi pour les projets de maisons individuelles en zones d'aléa liquéfaction faible, il est recommandé de réaliser une étude de type G1-PGC accompagnée par le déploiement d'outils appropriés pour vérifier si les sols sont liquéfiables. Par contre, ces études sont rendues obligatoires pour les autres bâtiments de catégorie d'importance II, ainsi que ceux des catégories d'importance III et IV.

4. Le plan de zonage et le règlement

Rappelons que le PPRS a pour vocation de réglementer l'utilisation des sols en tenant compte des risques sismiques identifiés sur un territoire d'une part, et de la non aggravation des autres risques naturels d'autre part. Il peut en tant que de besoin :

- promouvoir la possibilité d'un aménagement global dans les espaces d'aléa fort où une urbanisation est possible ou dans les zones susceptibles d'aggraver les risques ;
- définir des règles de construction pour diminuer la vulnérabilité des constructions nouvelles.

Le plan de zonage réglementaire doit permettre de savoir en tout point de la commune quelles sont les prescriptions spécifiques à appliquer.

4.1. LES PRINCIPES GÉNÉRAUX D'UN PLAN DE ZONAGE

Les principes conduisant au zonage réglementaire sont résumés ci-après, conformément à la doctrine promue par le Ministère de la Transition Écologique et Solidaire à travers ses diverses publications (e.g., textes réglementaires, guides techniques, etc.). Les aléas sismiques ne font pas l'objet d'une différenciation selon les enjeux, les différentes zones réglementaires ne sont donc identifiées qu'à partir de la nature et du niveau d'aléa.

Rappelons les prescriptions générales données par la réglementation nationale (article D.563-8-1 du Code de l'Environnement) à appliquer au niveau de la commune : l'intégralité des Antilles françaises est classée en zone de sismicité forte (zone 5). Le niveau caractérisant l'effet direct du séisme est donc le niveau d'aléa fort.

D'autres niveaux peuvent qualifier les phénomènes associés au séisme (effets de rupture de faille en surface, effets de site, effets de liquéfaction) qui ont été cartographiés et classés selon leur intensité et leur occurrence ; on distingue ainsi :

Aléa Fort : Les risques de dommages y sont très redoutables. En général, il n'existe pas de mesures de protection efficaces et économiquement opportunes en dehors d'un aménagement de toute une zone concernée par l'aléa. Le niveau d'aléa fort ne concerne que les phénomènes induits comme la liquéfaction.

Aléa Moyen : Il concerne des zones qui peuvent être le siège de manifestations physiques encore très dommageables notamment en raison de la constitution de leur sous-sol. Il existe cependant des mesures de nature à prévenir les conséquences du risque où à les rendre supportables à l'égard des biens et activités futurs. Ce niveau d'aléa concerne les ruptures de failles actives en surface et les effets de site lithologiques par exemple la liquéfaction.

Aléa Faible : Les risques de dommages y sont limités. Ce niveau concerne les phénomènes de liquéfaction, de ruptures de failles en surface et les effets de site lithologiques associés au séisme.

Il est important d'appréhender convenablement cette notion d'aléa faible, moyen ou fort. Par exemple, un aléa faible « effet de site » ne signifie pas nécessairement que le niveau de la secousse soit faible. Un aléa faible « effet de site » signifie que l'impact supplémentaire imputable à l'effet de site est faible.

4.2. LE PLAN DE ZONAGE DU GOSIER

4.2.1. Les niveaux de prescriptions

Au cours de la compilation des cartographies d'aléa et de leur analyse technique, chaque composante de l'aléa sismique (effets de site lithologiques et topographiques, rupture de faille en surface et liquéfaction) a été examinée séparément. Pour construire la carte unifiée finale destinée à constituer le plan de zonage réglementaire de la commune, chaque aléa sismique attendu sur le territoire est tout d'abord passé en revue. On regarde ainsi si le phénomène est présent ou non sur le territoire de la commune. S'il est présent :

- quels sont les niveaux d'aléa possibles sur le territoire ?
- pour chaque niveau d'aléa, quelle est la nature des prescriptions et le code couleur à y associer ?

Le Tableau 15 montre le principe proposé pour Le Gosier. La première colonne liste tous les aléas qu'ils soient présents ou non sur la commune. La seconde colonne indique les niveaux d'aléa possibles sur la commune. Les troisième et quatrième colonnes indiquent la nature des prescriptions et le code de couleur associés.

Ainsi certains aléas ne sont pas présents (aléa nul effet de site lithologique).

Phénomène naturel	Type d'aléa	Niveau de contrainte	Zone	Indices
rupture de faille	aléa faible	modérée	bleu clair	f
	aléa moyen	moyenne	bleu	F
effets de site lithologique	aléa nul	non présent	non présent	
	aléa faible (GT4)	faible	beige	e
	aléa moyen (GT1, GT2, GT3)	moyenne	bleu	E
effets de site topographique	zones susceptibles	courante	non coloré	
liquéfaction	aléa faible	modérée	bleu clair	I
	aléa moyen	moyenne	bleu	L
	aléa fort	moyenne	bleu	L

Tableau 15 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage PPRS de la commune du Gosier.

Concernant les effets de site topographiques, ainsi que l'aléa faible rupture de faille en surface, les prescriptions sont dites « courantes » ; ce qui signifie qu'aucune prescription particulière n'est associée à ce phénomène ; juste un affichage pour information avec toujours l'obligation de se conformer à la réglementation nationale. Sur le plan de zonage, la zone correspondante ne sera pas colorée (mention « non coloré » dans le tableau).

Par ailleurs, **les aléas liquéfaction fort et moyen ne sont pas différenciés, ils donnent donc lieu à un même zonage réglementaire.**

Le Tableau 16 illustre le principe général du Règlement PPRS et synthétise les types de prescriptions associées à chaque code couleur dans le PPRS de la Guadeloupe.

Zone	Niveau de contraintes	Nature des prescriptions
Bleu	Contraintes spécifiques moyennes	Zones soumises à prescriptions individuelles moyennes
Bleu clair	Contraintes spécifiques modérées	Zones soumises à prescriptions individuelles modérées
Beige	Contraintes spécifiques faibles	Zones soumises à prescriptions individuelles limitées

Tableau 16 : Les trois zones du zonage réglementaire PPRS de la commune du Gosier

4.2.2. Le zonage réglementaire

La commune du Gosier est concernée par les aléas sismiques : rupture de faille, effet de site lithologique et liquéfaction. L'assemblage des cartes d'aléa présentées dans le chapitre 4, permet d'élaborer le zonage réglementaire PPRS. Le Tableau 15 présente les règles de croisement retenues pour les aléas « rupture en surface », « effet de site lithologique » et « liquéfaction ». Lorsque plusieurs aléas sont présents sur un même périmètre, c'est le niveau de prescription le plus élevé qui est retenu.

Les aléas sismiques ne font pas l'objet d'une différenciation selon les enjeux, ils donnent donc lieu à un même zonage réglementaire quel que soit l'enjeu.

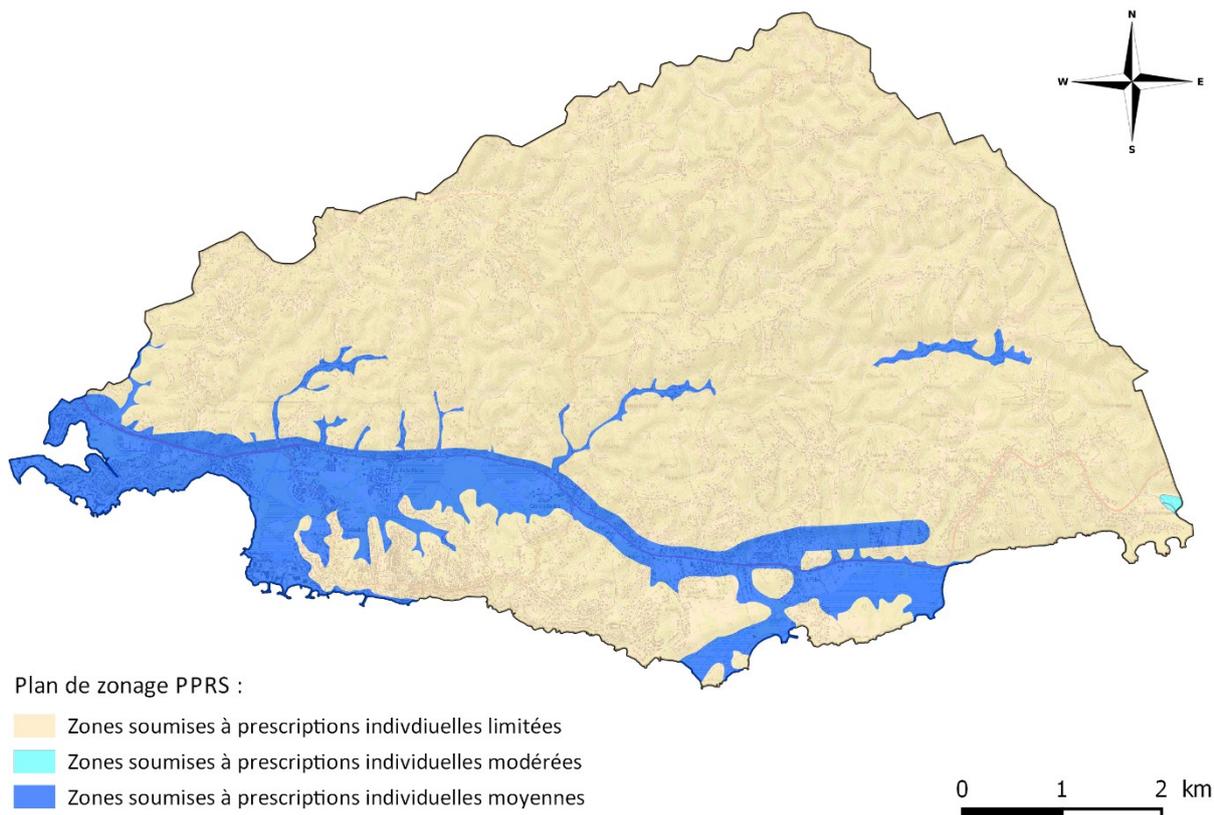


Figure 20 : Plan de zonage PPRS pour la commune du Gosier.

Aucune zone rouge (interdiction de construire) n'est définie pour les aléas sismiques sur la commune du Gosier.

À chaque zone réglementaire (dites « bleue », « bleue claire », « beige ») retenue au PPRS, est associé un ou plusieurs règlements en fonction de chaque type d'aléa sismique rencontré. Le détail de ces règlements est donné dans le livret « RP-64193-FR – Règlement » (Belvaux *et al.*, 2014).

Le plan de zonage réglementaire pour la commune du Gosier est donné en Figure 20.

Le plan de zonage réglementaire n'a pas pu être établi à une échelle comparable à celle des documents d'urbanisme (c'est-à-dire une précision égale ou supérieure au 1/10 000), car les cartes d'aléa issues de l'étude de microzonage sismique ont été dressées sur les fonds de plan topographiques IGN au 1/25 000. De ce fait, **le plan de zonage réglementaire est établi à l'échelle du 1/25 000.**

4.2.3. Zones « bleue »

Les zones à contraintes spécifiques moyennes sont des zones constructibles soumises à prescriptions individuelles, qualifiées de moyennes ; elles sont au moins dans un des cas suivants :

- zones présentant un aléa rupture en surface moyen ;
- zones présentant un aléa liquéfaction moyen ou un aléa liquéfaction fort ;
- zones présentant un aléa effet de site lithologique moyen.

Ces zones seront concernées par un, deux ou trois règlement(s).

4.2.4. Zones « bleu clair »

Les zones à contraintes spécifiques modérées sont des zones constructibles soumises à prescriptions individuelles, qualifiées de modérées ; elles présentent un aléa liquéfaction faible
Ces zones seront concernées par deux règlements.

4.2.5. Zones « beige »

Les zones à contraintes spécifiques limitées sont des zones constructibles soumises à prescriptions individuelles, qualifiées de limitées ; elles présentent un effet de site lithologique faible (GT4).

Ces zones seront concernées par un règlement.

Les terrains raides à rocheux (GT4) sont cartographiés en zone beige, car ils sont caractérisés par un spectre de réponse spécifique à la classe GT4 qui se substitue à celui de la réglementation en vigueur. Ce spectre de réponse spécifique GT4 est pour partie, moins pénalisant que le spectre préconisé dans la réglementation nationale (EC-8), voir Figure 12, et ce sur une large gamme de fréquences (à partir de 0,4 s).

4.2.6. Les spectres spécifiques

Le niveau d'agression sismique à prendre en compte pour le dimensionnement des structures est défini en fonction des contraintes géologiques particulières à l'emplacement du bâtiment et en fonction de la catégorie d'importance de la structure.

Le plan de zonage en spectres spécifiques du PPRS de la commune du Gosier est constitué par la carte de la Figure 9. Sur cette figure, les spectres de réponse spécifiques du règlement PPRS y sont désignés GT1, GT2, GT3 et GT4. Le numéro du spectre spécifique à considérer dans chaque zone est identique au numéro de la classe de sols à effets de site lithologiques.

5. Bibliographie

5.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET LÉGISLATIFS

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 »
<http://legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2010/10/22/DEVP1015475A/jo/texte>

Arrêté du 19 juillet 2011 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000024403949&dateTexte=>

Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010
<http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000026555020&dateTexte=>

Arrêté du 15 septembre 2014 modifiant l'Arrêté du 22 octobre 2010
<http://legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2014/9/15/ETLL1407083A/jo/texte>

Code de l'Environnement, notamment les articles :

L.562-1 à L.562-11 (Chapitre II : plans de prévention des risques naturels prévisibles)

L.563-1 (Chapitre III : autres mesures de prévention)

R.563-1 à R.563-8 (Section 1 : prévention du risque sismique)

Code de la Construction et de l'Habitation, notamment les articles :

L.111-23 à L.111-26 (Section VII : contrôle technique)

R.126-1 (Chapitre VI : protection contre les risques naturels ou miniers)

R.111-38 (Sous-section VII : contrôle technique obligatoire)

Code de l'Urbanisme, notamment les articles :

L.480-1 et L.480-4 (Titre VIII : infractions)

L.126-1 (Chapitre VI : servitudes d'utilité publique affectant l'utilisation du sol)

R.123-24 (Chapitre III : plans locaux d'urbanisme)

R.431-16 (Section II : dossier de demande de permis de construire)

5.2. NORMES

NF P06-013 (décembre 1995) – Règles de construction parasismique : règles PS applicables aux bâtiments, dites règles PS92 (P 06-030-1), AFNOR, Paris.

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 (P 06-030-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-1/NA (décembre 2007) – Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments (P 06-030-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-1 :2005, AFNOR, Paris.

NF En 1998-3 (décembre 2005) – Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments (P 06-033-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-3/NA (janvier 2008) – Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 3 : évaluation et renforcement des bâtiments (P 06-033-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-3 :2005, AFNOR, Paris.

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 (P 06-035-1), AFNOR, Paris.

NF En 1998-5/NA (octobre 2007) – Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 5 : fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques (P 06-035-1/NA), Annexe nationale à la NF En 1998-5 :2005, AFNOR, Paris.

NF P94-500 (novembre 2013) – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications, AFNOR, Paris.

5.3. GUIDES

AFPS (1993) – Guide méthodologique pour la réalisation d'études de microzonage sismique.

AFPS (2004) – Guide de construction parasismique des maisons individuelles aux Antilles dit « Guide CP-MI Antilles » (2004), Recommandations AFPS Tome IV, 144 p.

Fabriol H., Garry G. (2002) – Plan de prévention des risques naturels (PPR) : Risques sismiques – Guide méthodologique, La Documentation Française, 112 p., ISBN 2-11-005156-6.

5.4. PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Belvaux M., Bertil D., Nachbaur A. (2020) – Plan de Prévention des Risques Sismiques – commune du Gosier (Guadeloupe). Règlement. BRGM/RP-64193-FR, 40 p.

Bengoubou-Valérius M., Roullé A., M., Agastin, Bourdon E., Monfort-Climent D., Bertil D., Noury G., Terrier M., Auclair S., Ducreux L., Abad J., Bayle E., Samyn K. (2012) – Microzonage sismique des communes de Petit-Bourg, Goyave, Capesterre Belle-Eau, Trois-Rivières, Abymes, Morne à l'eau, Gosier, Sainte-Anne, Saint-François, Le Moule. Rapport final. BRGM/RP-61405-FR.

Bengoubou-Valérius M., Roullé A., M., Agastin, Bourdon E., Noury G., Monfort-Climent D., Terrier M., Bertil D., Auclair S., Ducreux L., Abad J., Bayle E., Samyn K. (2013) – Microzonage sismique de la commune du Gosier (Guadeloupe). Rapport final. BRGM/RP-61986-FR, 109 p.

Bertil D. et Belvaux M. (2014) – Guide méthodologique d'exploitation des microzonages sismiques pour la transcription dans les PPR sismiques aux Antilles françaises. BRGM/RP-64339-FR.

Carbon D. & Dunand F. (2009) « Projet « Mémorial ACTe » Centre caribéen d'expression et de mémoire de la traite de l'esclavage « Site de DARBOUSSIER », Diagnostic sur la zone de faille(s) figurant sur le zonage réglementaire du PPRN de Pointe-à-Pitre (Guadeloupe), Identification et caractérisation de l'activité d'un segment de faille de Gosier », Rapport Geoter GTR/CRGU/0509-590.

Grünthal G., Musson R. M. W., Schwarz J., Stucchi M. (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS98). Cahiers du centre européen de géodynamique et de sismologie, volume 15, Luxembourg.

Monge O., Carbon D. (2007) Plan de prévention des risques météorologiques et géologiques. Commune de Gosier. Rapport de présentation. GTR/DDEG/0406-273 rev2.

Riepl-Thomas J., Cotton F. (1999) – Les effets de site : importance, compréhension et estimation, *Cahier technique de l'AFPS n°17*, Failles, ruptures, ondes et mouvements forts pour l'ingénieur : la chaîne de l'aléa sismique, 79 p.

SISFRANCE (2009) – Base de données SisFrance des séismes historiques (www.sisfrance.net). BRGM, EDF, IRSN.

Sedan O., Mompelat J.M., Terrier M. (1998) Guide d'exploitation des atlas communaux des risques naturels de la Guadeloupe. Rapport BRGM, R40133, public, 9 pages A3, 1 fig. 2 annexes. <http://www2.brgm.fr/risques/antilles/guad/>

Terrier M., Combes Ph., coll. Carbon D., Grellet B., Sedan O. (2002) – Failles actives et évaluation de l'aléa sismique : Prise en compte des failles actives dans l'aménagement du territoire aux Antilles (Martinique et Guadeloupe). Partie 1 : Identification des systèmes de failles actives dans l'archipel de la Guadeloupe et l'île de la Martinique. *Rapport BRGM/RP-51258-FR*, 118 p.

Wells D.L. and Coppersmith K.J. (1994) – New empirical relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **84**, pp. 974-1002.

6. Glossaire

6.1. SIGLES

AFPS	Association Française de génie ParaSismique – France
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières – France
EC8	Code européen Eurocode 8 : conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes
MNT	Modèle Numérique de Terrain (à partir d'imagerie satellitaire)
PPR	Plan de Prévention des Risques
PS92	Règle parasismique française appliquée de 1995 à 2011

6.2. DÉFINITIONS

Accélération maximale	Pour un séisme donné, valeur maximale de l'accélération mesurée sur les composantes horizontales de l'accélérogramme en un point donné. Unité de mesure : m/s^2 .
Accélérogramme	Enregistrement par un accéléromètre de l'accélération du sol pendant un séisme. Le terme accélérogramme au rocher s'applique à un enregistrement effectué sur du rocher, i.e. un sol de classe A dans les Eurocode 8.
Aléa	Événement menaçant ou probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période donnée, d'un phénomène pouvant engendrer des dommages.
Coefficient d'amplification (τ)	Coefficient multiplicateur appliqué dans la définition de l'action sismique pour tenir compte de l'effet topographique.
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 d'autres causes.
CPT	Essai de pénétration au cône statique. Variante du SPT.
Effet de site	Amplification (ou atténuation) du mouvement du sol par rapport au mouvement enregistré sur le rocher, causée par les caractéristiques locales du site : géologie, topographie.
Effets induits	Grands mouvements du sol ou de l'eau déclenchés par la vibration sismique. Soit le séisme joue un rôle de déclencheur (glissement, éboulement, effondrement), soit il est déterminant dans leur genèse (liquéfaction des sols, tsunamis, seiche).
Enjeux	Personnes, biens, activités, moyens, patrimoines susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. La notion d'enjeu recouvre une notion de valeur ou d'importance.
Épicentre	Point de la surface du globe situé à la verticale du foyer d'un séisme. En général, il est au barycentre de la zone où les dégâts sont les plus importants (aire de plus forte intensité macrosismique).
Faille	Plan de rupture qui divise un volume rocheux en deux

compartiments et le long duquel les deux compartiments ont glissé l'un par rapport à l'autre.

Faille active	Faille sur laquelle une rupture et un glissement se sont produits à une période récente (derniers 100 000 ans) et dont on présume qu'elle pourrait engendrer un séisme au cours d'une nouvelle et rupture future.
Foyer (ou hypocentre)	Lieu où s'est initialisée la rupture de la croûte à l'origine du tremblement de terre.
Intensité (d'un séisme)	Mesure de la force destructrice d'un séisme par cotation des effets de la secousse sismique sur les hommes, les bâtiments et l'environnement, et cela en un lieu donné à la surface. L'intensité en un point dépend non seulement de la taille du séisme (magnitude), mais aussi de la distance au foyer, de la géologie locale et de la topographie. Il existe plusieurs échelles d'intensité : Intensité MSK : Ancienne échelle d'intensité des séismes, mise au point en 1964 par Medvedev, Sponheuer et Karnik. Intensité EMS98 : Nouvelle échelle d'intensité « l'Echelle Macrossismique Européenne » (Grünthal, 2001), évaluée en fonction de la répartition qualitative des dommages en fonction des différentes classes de vulnérabilité des bâtiments.
Liquéfaction	Transformation momentanée sous l'effet d'une secousse sismique de sols (généralement sables ou vases) saturés en eau, en un fluide sans capacité portante.
Magnitude	Mesure la force d'un séisme ou son énergie libérée, à partir des enregistrements sur les sismographes. La magnitude peut être corrélée avec des grandeurs physiques associées à la source, comme la taille du plan de faille ou l'énergie libérée sous formes d'ondes sismiques. Elle n'a pas de limite théorique supérieure ni inférieure.
Microzonage sismique	Zonage sismique sur l'ensemble ou une partie d'un territoire communal. Il tient compte du mouvement sismique au rocher (aléa régional) et des modifications de ce mouvement en fonction des conditions locales (effets de site et effets induits).
Ondes sismiques	Ondes élastiques générées par un séisme et se propageant à l'intérieur de la Terre.
Période de retour	Intervalle de temps moyen entre deux occurrences successives d'un phénomène. Dans le cas d'un modèle probabiliste de Poisson, on utilise souvent pour les séismes et les bâtiments courants une période de retour de 475 ans, ce qui correspond à une probabilité d'occurrence de 1 %0 % en 50 ans.
Plaque tectonique	La couche supérieure rigide de notre planète (lithosphère) est découpée en une douzaine de grandes plaques et en de nombreuses petites. Les plaques sont mobiles et entraînent les continents dans leurs déplacements.
Probabiliste	Analyse de l'aléa sismique dans laquelle on prend en compte non seulement l'occurrence historique des séismes dans une région donnée, mais aussi le rythme selon lequel ils se succèdent dans le temps. Dans un zonage probabiliste, les paramètres de mouvement du sol sont calculés pour une probabilité de non-dépassement (voir période de retour) en un site.

Séisme de référence	Séisme dont les caractéristiques (magnitude, intensité, profondeur) seront celles utilisées pour la prise en compte de l'aléa sismique ; généralement séisme de magnitude la plus élevée auquel peut être exposée une région donnée.
Signal vibratoire	Mouvement oscillatoire du sol soumis à un séisme.
Sismicité	Distribution géographique des séismes en fonction du temps. <p style="margin-left: 40px;">Sismicité historique : Sismicité ressentie par l'homme et qui est décrite dans les textes historiques (Exemple du séisme de 1839 en Martinique).</p> <p style="margin-left: 40px;">Sismicité instrumentale : Sismicité mesurée par les réseaux de surveillance. Elle n'est bien connue que depuis quelques dizaines d'années.</p>
Sismotectonique	Analyse des relations entre les structures géologiques actives (se déformant encore de nos jours) et la sismicité. Elle conduit à identifier des failles actives ou sismogènes et des domaines sismotectoniques.
Sol (au sens géotechnique)	Pour un site donné, ensemble des couches proches de la surface caractérisées par leur épaisseur et leurs propriétés mécaniques : densité, rigidité et teneur en eau.
Source sismique	Caractérise le mécanisme physique à l'origine du séisme, c'est-à-dire la rupture sur le plan de faille au niveau du foyer sismique.
Spectre de réponse	Utilisé par les ingénieurs pour caractériser le système de forces (ou action sismique) qui s'applique à une structure lors d'un séisme. Il s'exprime par un graphe qui donne la réponse en termes d'accélération, de vitesse ou de déplacement, d'un oscillateur simple en fonction de la période, ou de son inverse la fréquence.
SPT	Essai de pénétration statique (standard). Utilisé en géotechnique pour déterminer la succession des différentes couches de terrain, éventuellement leur nature, l'homogénéité d'une couche donnée ou la présence d'anomalies et certaines caractéristiques de sol.
Substratum	Terme général désignant ce sur quoi repose une formation géologique prise comme référence. On parle ainsi de substratum géologique, sismique ou géotechnique.
Susceptibilité	Ensemble de propriétés intrinsèques des sols favorisant la liquéfaction ou les mouvements de terrain (granulométrie des sables, cohésion, etc.).
Vulnérabilité	Caractérise la fragilité d'un élément exposé au phénomène sismique. La vulnérabilité physique exprime l'évaluation, qualitative ou quantitative, des dommages que pourraient subir un bâtiment (ou plusieurs bâtiments de même type) pour différents niveaux de séismes. Elle peut être quantifiée sur une échelle variant de zéro (aucun dommage) à un (perte totale).