PRÉFET
DE LA RÉGION
GUADELOUPE

Liberté
Égalité
Fraternité

Commune de Baie-Mahault

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

Projet de Rapport de présentation

Sommaire

1. Introduction.....6

1.1. LA DÉMARCHE GLOBALE DE PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE.....6

1.2. L'OBJET D'UN PPRN.....7

1.3. LE PPR SISMIQUE.....7

1.4. POURQUOI PRESCRIRE UN PPRS A BAIE-MAHAULT ?.....8

1.5. LA STRUCTURE DU DOSSIER PPRS.....8

1.6. LES DOMAINES COUVERTS ET LES CARTES D'ALÉAS.....9

1.7. A QUI S'ADRESSE LE PPRS ?.....9

2. Le contexte physique.....11

2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE.....11

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE.....12

2.3. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DE BAIE-MAHAULT.....13

2.4. ZONES D'ENJEUX DANS LE PLU DE BAIE-MAHAULT.....14

3. Phénomènes et aléas sismiques.....17

3.1. NOTIONS D'ALÉA SISMIQUE.....17

3.2. PRINCIPAUX SÉISMES CONNUS.....18

3.3. PRÉSENCE DE FAILLES ACTIVES.....21

3.3.1. Phénomène et effets attendus.....21

3.3.2. Principe de la réglementation nationale.....21

3.3.3. Recommandations du Comité d'Évaluation des PPRS.....22

3.3.4. Cartographie des failles actives dans le microzonage sismique.....26

3.3.5. Évaluation de l'aléa « rupture en surface » des failles actives.....27

3.3.6. Non prise en compte de l'aléa « rupture en surface » dans le PPRS.....28

3.4. EFFETS DE SITE LITHOLOGIQUES.....29

3.4.1. Phénomène et effets attendus.....29

3.4.2. Principe de la réglementation nationale.....29

3.4.3. Principe de cartographie dans le microzonage sismique.....30

3.4.4. Évaluation de l'aléa « effet de site lithologique ».....36

3.4.5. Principe d'application dans le PPRS.....40

3.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES.....41

3.6. LIQUÉFACTION DES SOLS.....41

3.6.1. Phénomène et effets attendus.....41

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 DE BAIE-MAHAULT....48

4.2.1. Les niveaux de prescriptions....48
4.2.2. Le zonage réglementaire....49
4.2.3. Zones « bleues »....50
4.2.4. Zones « beiges »....51
4.2.5. Les spectres spécifiques....51

5. Bibliographie....53

5.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET LEGISLATIFS....53

5.2. NORMES....54

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 de Baie-Mahault.....15

Figure 2 : Extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (Reynal de Saint-Michel, 1966) centré sur la commune de Baie-Mahault.....17

Figure 3 : Zones d'enjeux définis dans le PLU de Baie-Mahault (2014).....20

Figure 4 : Aléa sismique régional.....21

Figure 5 : Aléa sismique local.....22

Figure 6 : 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).....23

Figure 7 : Systèmes de failles identifiés sur la commune de Baie-Mahault.....32

Figure 8 : Illustrations des effets de site lithologiques (Source :Laurence Barret).....34

Figure 9 : Zonage spécifique des zones à effets de site lithologiques pour la commune de Baie-Mahault (modifié d'après Bertil et al., 2009 et Monge et al., 1998). Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest : Bertil et al., 2009 et Est : Monge et al., 1998).....36

Figure 10 : Zoom sur les zones d'extension de la Pointe Jarry. En quadrillé rouge les secteurs non couverts par le PPRS de la commune de Baie-Mahault.....37

Figure 11 : Forme du spectre de réponse élastique en accélération d'après la norme parasismique EC8 référencée NF EN 1998-1.....38

Figure 12 : Comparaison pour les classes BM1-mangroves, BM2-alluvions, BM3-altérites et BM0-rocher, entre les spectres de réponse issus de l'étude de 2009 (Baie-Mahault Ouest) et les spectres de réponse issus de l'étude de 1998 (Baie-Mahault Est).....39

Figure 13 : Spectres de réponse spécifiques proposés pour les différentes classes d'effets de site lithologiques de la commune de Baie-Mahault (d'après Bertil et al., 2009).....40

Figure 14 : Comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres EC-8, pour les cinq classes à effets de site lithologiques sur la commune de Baie-Mahault.....42

Figure 15 : Superposition schématisée entre spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment.....43

Figure 16 : Aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune de Baie-Mahault. Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest Bertil et al., 2009 et Est Monge et al., 1998).....46

Figure 17 : Illustration du phénomène de liquéfaction des sols (source :Laurence Barret).....50

Figure 18 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune de Baie-Mahault. Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest en 2009 et Est en 1998).....53

Figure 19 : Plan de zonage PPRS pour la commune de Baie-Mahault.....58

Liste des tableaux

Tableau 1 : Principaux séismes destructeurs (Intensité maximale supérieur à VI) en Guadeloupe (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).....22

Tableau 2 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les critères de reconnaissance des failles actives qui devront être indiquées dans les PPRS.....26

Tableau 3 : Recommandations du CEPPRS (2010) sur les dispositions règlementaires spécifiques relatives à la prise en compte des failles actives dans les PPRS.....27

Tableau 4 : Classes de failles actives en fonction de leurs niveaux d'activité et de connaissance (Terrier et al., 2002).....29

Tableau 5 : Failles actives identifiées sur la commune de Baie-Mahault (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2012, 2013).....30

Tableau 6 : Contexte réglementaire pour la conception parasismique des bâtiments « à risque normal ».....33

Tableau 7 - Classification des classes de sol selon les EC8 (NF EN-1998-1 2005, Tab. 3-1)..33

Tableau 8 : Paramètres des spectres de réponse élastiques par classe d'effets de site lithologiques pour la commune de Baie-Mahault (d'après Bertil et al., 2009).....39

Tableau 9 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire de Baie-Mahault, en termes d'influence des effets de site et de portance des sols de fondation.....42

Tableau 10 : Critères de transcription de la qualification d'effets de site lithologique en niveau d'aléa pour les PPRS aux Antilles (Bertil et Belvaux, 2014).....43

Tableau 11 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques (PPRS : Plan de Prévention des Risques Sismiques).....45

Tableau 12 : Principe de réglementation pour la liquéfaction.....52

Tableau 13 : Les cinq zones du zonage réglementaire PPRN en Guadeloupe.....54

Tableau 14 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage du PPRS de la commune de Baie-Mahault.....55

Tableau 15 : Les trois zones du zonage réglementaire PPRS en Guadeloupe.....55

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'Etat 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'Etat. 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 rgestion 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 qui doivent être prises par les collectivités publiques et par les particuliers.

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 50 % des communes et 75 % 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 A BAIE-MAHAULT ?

La prescription d'un PPRS à Baie Mahault résulte principalement :

- de l'existence d'une sismicité forte aux Antilles françaises ;

- d'une forte densité de population (deuxième commune de Guadeloupe – INSEE, 2016), toujours en augmentation (plus fort taux d'accroissement annuel de la population entre 2011 et 2016 – INSEE, 2016) ;
- 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 à Baie-Mahault 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 à Baie-Mahault est celui du 8 février 1843, ressenti dans la commune avec une intensité de VIII ou plus.

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 de Baie-Mahault a été validé par arrêté préfectoral N°2008-057 AD/I/4 du 17 janvier 2008 et annexé au POS (ou au PLU) le 27 novembre 2008.

Le premier PPRN de la commune de Baie-Mahault s'appuyait sur l'atlas communal des risques naturels de la commune (Terrier *et al*., 1993) et sur l'étude de microzonage sismique de l'agglomération pointoise éditée en 1998 qui couvrait partiellement le territoire de Baie-Mahault (Monge *et al*., 1998).

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 :

- du présent rapport de présentation, qui contient l'analyse des phénomènes et la cartographie des aléas sismiques (cartes d'aléas à l'échelle du 1:25 000), l'étude de leur impact sur les biens futurs, les principes d'élaboration du PPRS et l'exposé des motifs du règlement ;
- d'une carte réglementaire à l'échelle du 1:25 000, qui délimite les zones réglementées par le PPRS ;
- d'un règlement qui précise les règles s'appliquant à chaque zone.

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,

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

- 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 lithologiques et dans les zones soumises à la liquéfaction. Le projet de règlement précisera les mesures associées à chacune des zones du document cartographique.

Les reliefs présents sur la commune de Baie-Mahault étant peu escarpés, les manifestations d'amplification topographique ne sont pas considérées dans ce règlement.

Après avoir été analysées dans ce rapport (voir paragraphe 4.2), les failles supposées actives sur la commune de Baie-Mahault ne répondent pas à la plupart des critères proposées dans le cadre des travaux en cours du Comité National d'Evaluation des PPR Sismiques (CEPPRS) pour être prises en compte dans les PPR Sismiques. D'autre part, 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 ne s'applique qu'aux projets nouveaux. Sont assimilés à des projets nouveaux :

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

1.7. A 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 de Baie-Mahault est située au nord-ouest de l'île de la Basse-Terre (Figure 1). Le territoire communal s'étend sur 9 km d'Est en Ouest et sur 3 km du Nord au Sud. La superficie totale est d'environ 46 km^2. Elle est limitée à l'Est par la rivière salée, au Nord par le Cul-de-Sac Marin, à l'Ouest par la commune du Lamentin, et au Sud par la commune de Petit-Bourg et le Petit Cul-de-Sac Marin.

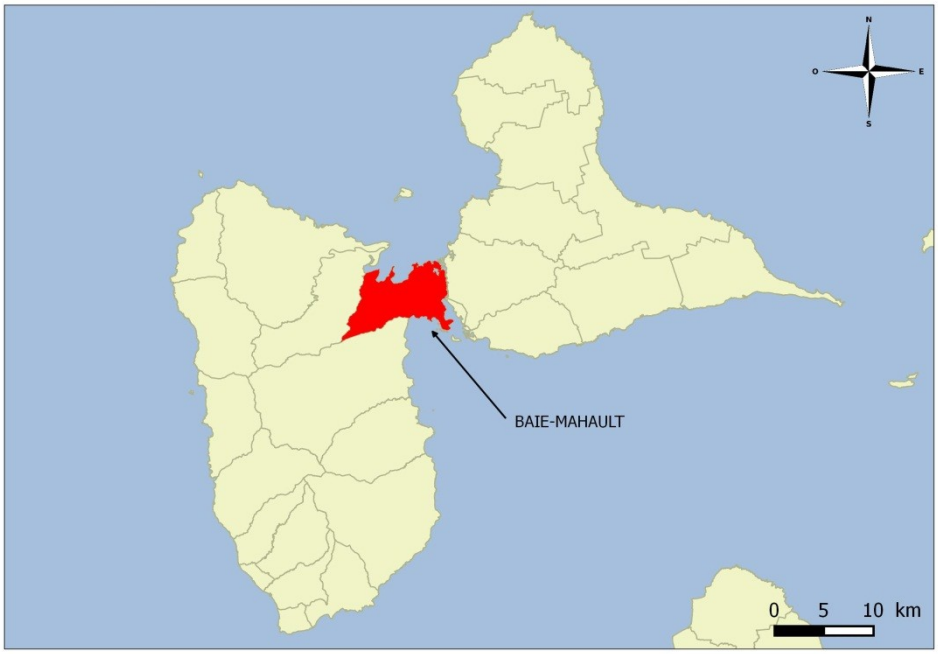

Figure 1 : Situation géographique de la commune de Baie-Mahault.

Baie-Mahault est une commune du pourtour du Grand Cul de Sac Marin, elle possède ainsi une importante superficie de zones humides, près de mille hectares au début des années 2000, ce sont les Baies Dupuy et Mahault au Nord, toute la rive Ouest de la Rivière Salée, ainsi que la zone de Jarry et Houelbourg au Sud. Les zones humides sont des terrains où l'eau, douce, saumâtre ou salée, occupe une place prépondérante pour la morphologie des sols et pour la végétation associée. Mais ces avantages naturels ont leur pendant négatif, car la forte présence d'eau est un facteur de risques supplémentaires pour l'aménagement de ces zones. Ces zones sont en effet exposées à la liquéfaction (déstructuration brutale du sol lors du passage d'une onde sismique) et aux effets de site (modification des caractéristiques des vibrations du sol avec amplification).

2.1. CONTEXTE MORPHOLOGIQUE

L'île de Basse-Terre est essentiellement constituée de terrains volcaniques. Sa diversité morphologique résulte de la juxtaposition de différents massifs volcaniques qui se sont succédés au cours du temps. Elle est séparée de la Grande-Terre par un étroit bras de mer, la Rivière Salée.

Parmi les sept grands ensembles géologiques qui forment l'île de la Basse-Terre, la commune de Baie-Mahault se trouve au sein de la plaine nord-orientale, caractérisé par des formations volcano-sédimentaires associées au démantèlement de la Chaîne Septentrionale de Basse-Terre. La partie centrale de Baie-Mahault présente des reliefs peu escarpés de faible altitude, séparés par des vallées à fond plat. Ces vallées descendent en pente douce vers les zones plates côtières.

La zone littorale Nord est constituée par une succession de baies et de pointes (pointe de la grande Rivière, Baie du Lamentin, pointe Pasquereau, Baie Dupuy, pointe St-Vast, Baie Mahault…). Elle est généralement occupée par de la mangrove, des marais ou des forêts marécageuses.

A l'intérieur des terres, la grande majorité des ravines de Baie-Mahault se caractérise par un écoulement continu lié au ruissellement des eaux de surface.

2.2. CONTEXTE GÉOLOGIQUE

La commune de Baie-Mahault se situe sur la Plaine nord-orientale, composée de formations issues du démantèlement de la Chaîne Septentrionale et potentiellement de la Chaine Axiale, datés du Plio-Pléistocène. Les roches composant cette unité sont des tuffites, des pélites, des conglomérats à galets correspondant à d'anciens chenaux de démantèlement du massif et des « tufs » ou cendres compactées et altérées, résultant de l'activité des édifices volcaniques de la Basse-Terre.

La carte géologique de la Basse-Terre au 1/50.000 a été éditée en 1966 (Reynal de Saint-Michel, 1966, Figure 2). Les informations géologiques qui y figurent sont approximatives et peu précises.

Des études de caractérisation hydrogéologique du nord-est de la Basse-Terre ont été mises en œuvre au cours des années 80. Ces travaux ont fait l'objet d'une synthèse (Paulin, 1988) qui contient une esquisse géologique de la région étudiée. Les principaux éléments sont rappelés ici pour ce qui concerne la commune de Baie-Mahault :

L'ensemble le plus largement représenté est constitué de formations de remaniement qui résultent de l'érosion des reliefs volcaniques situés à l'ouest. Il s'agit :

- De conglomérats polygéniques constitués de blocs de lave peu ou profondément altérés, et d'une matrice argileuse plus ou moins abondante. Tous les faciès existent entre ceux à blocs dominants et ceux à matrice dominante ;
- De tuffites et microconglomérats polygéniques. C'est l'équivalent « moins grossier » des conglomérats. Ils ont la même signification mais traduisent des conditions de transport et de dépôt plus « calme ».

Des formations calcaires d'âge plio-pléistocène, équivalentes à celles de Grande-Terre, sont présentes dans le secteur de Jarry, où elles forment notamment les falaises de la côte Sud. Elles sont présentes sous les formations volcano-sédimentaires à une profondeur de 0 à 10-20 m vers l'est jusqu'à plusieurs dizaines de mètres vers l'ouest.

Dans les vallées et sur le littoral, on trouve des terrasses fluviatiles, des alluvions de rivières, puis des vases de mangrove et des alluvions marines. Des formations récentes et actuelles occupent le lit des différents cours d'eau. Elles sont remplacées par des vases à palétuvier à proximité des embouchures.

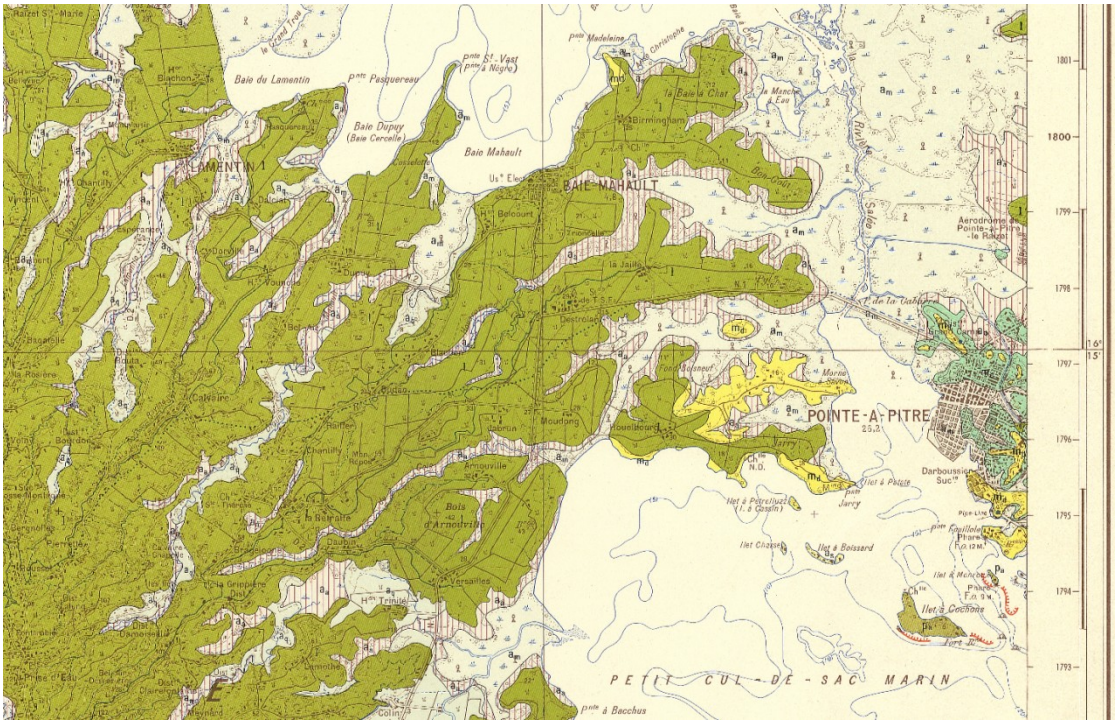

Figure 2 : Extrait de la carte géologique de la Basse-Terre au 1/50 000 (Reynal de Saint-Michel, 1966) centré sur la commune de Baie-Mahault.

2.3. DESCRIPTION DU TERRITOIRE DE BAIE-MAHAULT

Le territoire communal compte 30 929 habitants qui se répartissent en 14 259 logements (INSEE, 2016.

La commune de Baie-Mahault a une forte densité de population de près de 672 habitants au km^2, soit 2,8 fois la densité de la Guadeloupe (INSEE, 2016). Cependant, le territoire de la commune se répartit de manière équilibrée entre espaces naturels et espaces urbanisés. En effet, les espaces verts de Baie-Mahault (agricoles, forêt, mangrove, cours d'eau) occupent près de la moitié du territoire, dont 25 % sont occupés par les espaces agricoles. Sur ces espaces verts, une grande partie est constituée de terres basses ennoyées ou inondables (ravines, forêts humides littorales, etc.) qui compartimentent néanmoins l'occupation du territoire. Le PLU évoque une urbanisation sous forme d'archipel urbain constitué de secteurs d'habitats et d'activités économiques reliés par des voies de communication et met en évidence un phénomène d'étalement urbain et une occupation mal contrôlée des zones agricoles par de l'habitat.

Le centre-ville de Baie-Mahault est accessible par la RN 2. Il est implanté sur une zone ouverte sur la mer. Le bourg est occupé par un habitat dense composé de constructions en bois et en dur, commun à l'ensemble des centres-villes de la Guadeloupe.

Développé dans les années 60, le secteur de Jarry est aujourd'hui une zone industrielle fortement développée, qui regroupe à elle-seule 80 % des entreprises industrielles de l'île (PLU de Baie Mahault).

Toutes les descriptions détaillées au niveau de la commune de Baie-Mahault concernant le patrimoine naturel, l'évolution de la démographie, de l'occupation du sol, les principaux axes de communication, le développement économique et son histoire, etc. sont fournies dans le Plan Local d'Urbanisme de la commune (PLU de Baie-Mahault, Rapport de Présentation, pièce 2).

2.4. ZONES D'ENJEUX DANS LE PLU DE BAIE-MAHAULT

La cartographie des enjeux est directement déduite du Plan Local d'Urbanisme. Dans le PLU de la commune de Baie-Mahault (PLU approuvé en 2014), quatre types de zones ont été distinguées :

- les zones urbaines, dites zones U,
- les zones à urbaniser, dites zones AU,
- les zones agricoles, dites A,
- les zones naturelles, dites N.

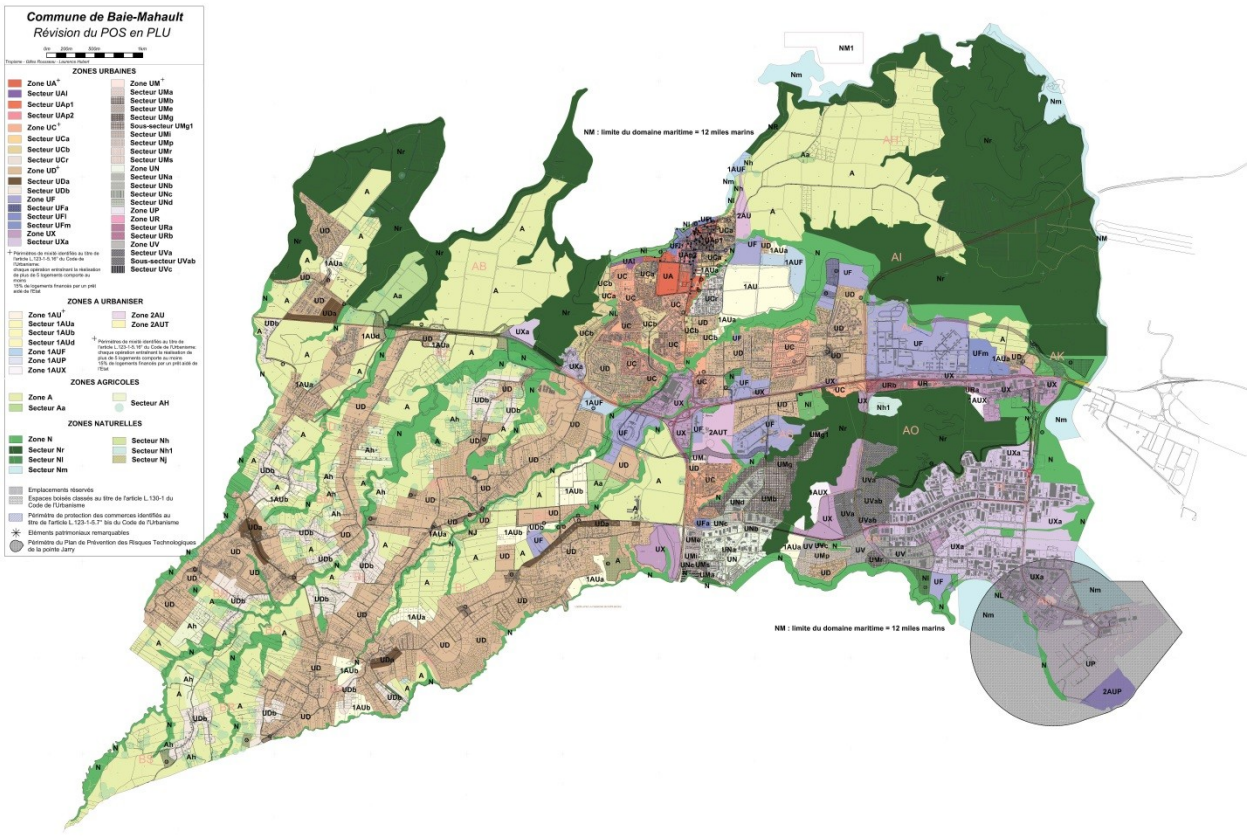

Figure 3 : Zones d'enjeux définis dans le PLU de Baie-Mahault (2014).

Dans l'optique de la réalisation d'un PPR sismique, le principal objectif de l'évaluation des enjeux est de distinguer géographiquement les espaces urbanisés, des espaces non urbanisés.

Plus spécifiquement, le classement des enjeux sur la commune peut permettre d'identifier les espaces sensibles par rapport aux phénomènes sismiques, comme les espaces urbanisés dont le développement ou la réhabilitation mal maîtrisés pourraient aggraver les phénomènes directs ou induits des séismes. La modification des conditions d'écoulement des eaux pluviales ou usées, par exemple, peut provoquer la liquéfaction des sols dans des zones basses.

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.

3. Phénomènes et aléas sismiques

Ce chapitre présente le contenu des documents techniques indispensables à la compréhension du PPRS de Baie-Mahault :

- 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 4) 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 5) traduit l'aggravation du phénomène par les caractéristiques locales du sous-sol.

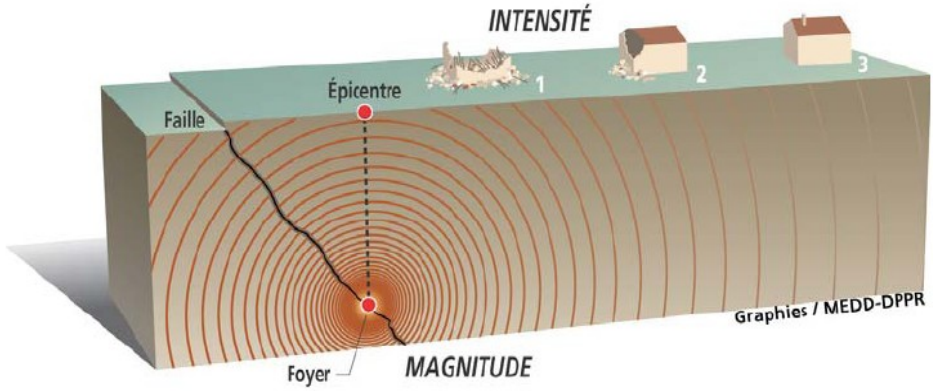

Figure 4 : Aléa sismique régional

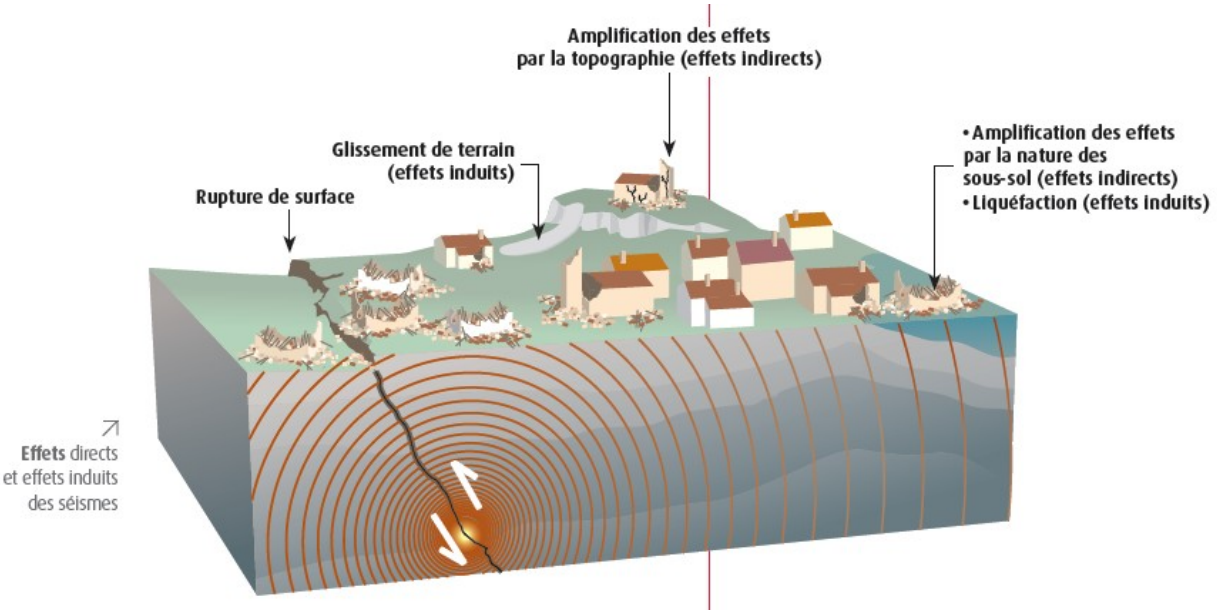

Figure 5 : Aléa sismique local

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) des 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, 2009), la carte de la Erreur : source de la référence non trouvée indique les épicentres des séismes connus ayant produit des intensités épicentrales estimées à VI ou plus sur les Antilles françaises.

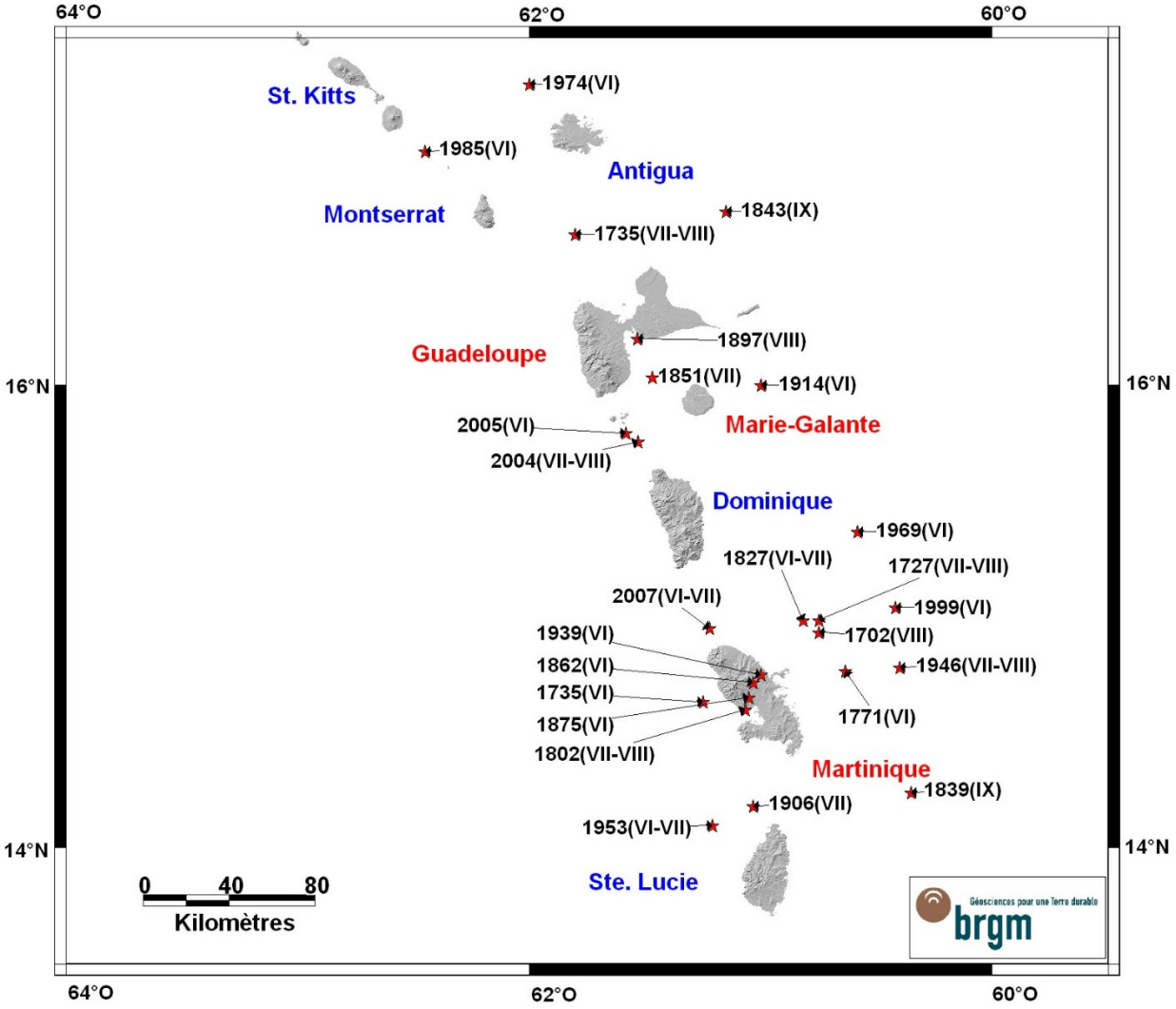

Figure 6 : Principaux séismes ayant produit des intensités VI ou plus sur la Guadeloupe ou sur la Martinique. L'intensité indiquée entre parenthèse est l'intensité maximale ressentie sur une des deux îles (d'après SisFrance/Antilles, BRGM, 2010).

La commune de Baie-Mahault a été particulièrement affectée par les séismes de 1843 (Intensité ressentie VIII), 1897 (Intensité ressentie VII) et sans doute aussi de 1735 (Intensité VII sur des communes limitrophes de Baie-Mahault). Les séismes de 1851, 1870, 1969 et 1974 ont pu provoquer des dommages légers.

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

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	A 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).

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 [2] par la DDPR/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, septembre 2005, norme rendue obligatoire par l'Arrêté du *22 octobre 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.

2Une révision est en cours et sera publiée par la DGPR

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'Evaluation 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_cepprs_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.

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.

FINALITE	Identifier la présence de failles actives dans le territoire d'étude, ou en son voisinage "immédiat" , dans les buts suivants : ○ 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. ○ Identifier la possibilité et le bien-fondé de dispositions d'urbanisme spécifiques dans la zone de faille.
CRITERES DE QUALITE	Les critères énoncés ci-dessous correspondent à plusieurs impératifs : ○ Traçabilité ○ Reproductibilité ○ Robustesse ○ Fiabilité.
	1 Analyse néotectonique de la faille
	• Les éléments scientifiques permettant de conclure à l'existence et à l'activité d'une faille doivent être : ○ Publics ○ Reconnus ○ 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. *? donner un âge.* • 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 5.5/6 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.		
	2.1 Inconstructibilité • 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. ○ 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.	**2.2 Conception et dispositions constructives** • Cette position de principe en faveur de la constructibilité peut cependant s'assortir : ○ 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 : ○ tant la structure elle-même ○ que ses fondations, 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.	**2.3 Niveaux de sollicitation Population** • Dans certains pays à forte sismicité comme la Californie, il est proposé : ○ 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 : ○ 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 ≥ 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 : ○ 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 ○ 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 règlementaires spécifiques relatives à la prise en compte des failles actives dans les PPRS.

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 Baie-Mahault, 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 en 2002 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).

Ainsi, deux systèmes de failles sont reconnus sur la commune de Baie-Mahault (Tableau 5) :

- le système de failles du Gosier, de direction générale Est-Ouest. Quatre segments, classés en 3B, sont voisins du territoire de Baie-Mahault ;
- la faille de Rivière-Salée, de direction Nord-Sud, qui est classée en 2A (faille sismogène moyennement active avec un faible niveau de connaissance régionale).

Le système de failles de Houëlbourg de direction générale Nord-Sud, supposé par Blès (1996) et caractérisé par Terrier et al., (2002) en 2B (faille sismogène moyennement active avec un niveau de connaissance régionale moyen) n'a pas été reconnu pour la commune de Baie-Mahault. Ce système de faille à fait l'objet d'étude plus spécifique de GEOTER en 2003 (Ph. Combes et D. Carbon, 2003) et elle est maintenant considérée comme non existante. D'ailleurs les microzonages des communes du Lamentin et de Baie-Mahault Ouest (Bertil et al., 2009)

ainsi que celui de la commune de Petit-Bourg (Bengoubou-Valerius et al., 2012) ne mentionnent plus son existence.

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 000e (Figure 7).

Nom de la faille	Nom du segment	Catégorie
Rivière-Salée	Rivière-Salée	2A
Gosier	Nord Darboussier	3B
	Grand Baie – Ilet à Cochons	3B
	Bas du Fort – Marina	3B
	Sud Pointe Foulliole	3B

Tableau 5 : Failles actives identifiées sur la commune de Baie-Mahault (d'après Bengoubou-Valerius et al., 2012, 2013).

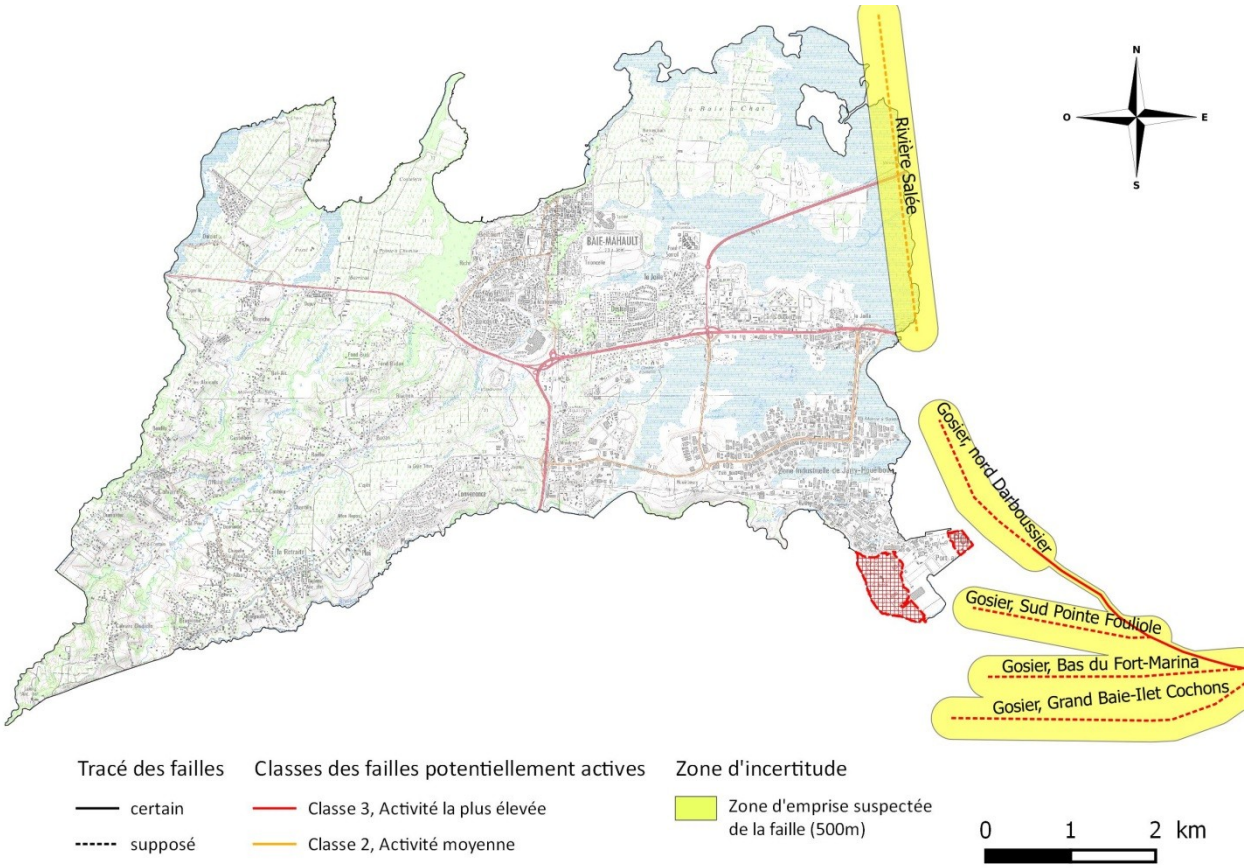

Figure 7 : Systèmes de failles identifiés sur la commune de Baie-Mahault.

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

Jusqu'à présent, au niveau de la baie de Pointe-à-Pitre, il était supposé un prolongement du segment de Darboussier vers l'Ouest, selon une direction EW jusqu'à l'isthme de Jarry (cf. bande de neutralisation sur le PPRN de Baie-Mahault, 2008).

Le système de failles de Gosier a récemment fait l'objet de plusieurs travaux de reconnaissances géologiques (étude des affleurements, tranchées, sondages) ou géophysiques (Léticée, 2008 ; Terrier, 2010). Les connaissances acquises au niveau de l'isthme de Jarry et au niveau de Gosier et de Pointe-à-Pitre montrent que :

- le prolongement de la faille de Darboussier au niveau de la passe doit être recherché plus au Nord-Ouest, vraisemblablement en direction NW-SE ou NNW-SSE en bordure Est de la passe (Figure 7) ;
- le Port Autonome de Guadeloupe n'est vraisemblablement pas directement concerné par le tracé d'une faille active.

Par ailleurs concernant la faille de Rivière-Salée, il n'existe aucune donnée fiable qui permette de confirmer (ou d'infirmer) sa présence. Si l'existence de celle-ci s'avérait confirmée, le prolongement de la faille de Darboussier au niveau de la passe, d'abord de direction NNW-SSE puis Nord, jusqu'à rejoindre la faille de Rivière-Salée devrait être considéré.

3.3.6. Non 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 sismogènique 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 règlementation actuelle concernant la prise en compte des failles actives dans les PPRS (cf § 3.3.2), on considèrera :

- 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 »).

Application à Baie-Mahault

Ainsi et sur la base des éléments de connaissance les plus récents, les failles actives de classe 3, considérées comme les plus actives, n'affectent pas le territoire de Baie-Mahault. Par ailleurs parmi les failles classifiées en niveau d'activé 2, il ne sera pas tenu compte des failles disposant d'un faible niveau de connaissance (ie A). La faille de Rivière-Salée est de ce fait écartée.

Sur la base des recommandations du CEPPRS de 2010 et des caractéristiques sismotectoniques des failles actives localisées sur et à proximité de la commune de Baie-Mahault, aucune prescription particulière n'est demandée dans le cadre de projet de construction de catégories d'importance II à IV.

L'existence de la faille de Rivière-Salée (classe 2A) identifiée sur le territoire de Baie-Mahault est stipulée dans les mesures générales de prévention, de protection et de sauvegarde.

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.

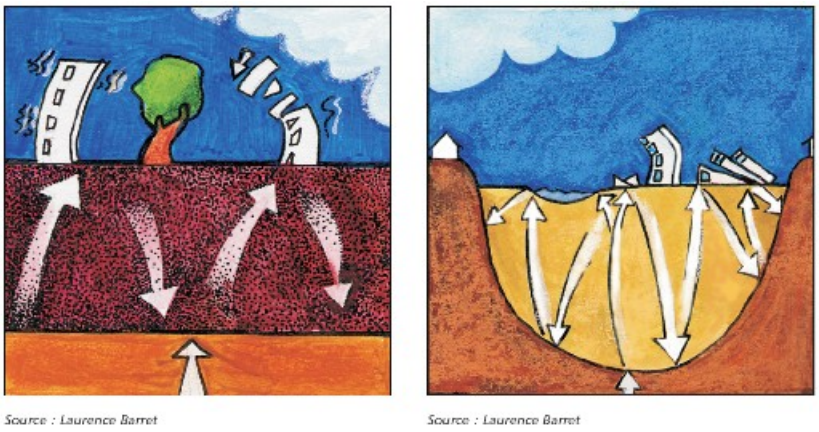

Figure 8 : Illustrations des effets de site lithologiques (Source : Laurence Barret)

en première analyse, la carte géologique (Figure 2) informe sur les zones où potentiellement 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-1998-1 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 de Baie-Mahault, 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-1998-1 s'applique (Tableau 6).

Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment			
	I	II	III	IV
Forte	-	NF EN-1998-1 ou CP-MI Antilles	NF EN-1998-1	NF EN-1998-1

Tableau 6 : 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 EC8 – 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/s^2.

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 7). 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 7 – 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 contexte local, 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 de Baie-Mahault est particulier dans le sens où la moitié Est de Baie-Mahault a fait l'objet d'un des premiers microzonages sismiques de la Guadeloupe (Monge *et al*., 1998 ; Martin *et al*., 1994) et la moitié Ouest a été traitée avec la commune voisine du Lamentin en 2009 (Bertil *et al*., 2009).

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.

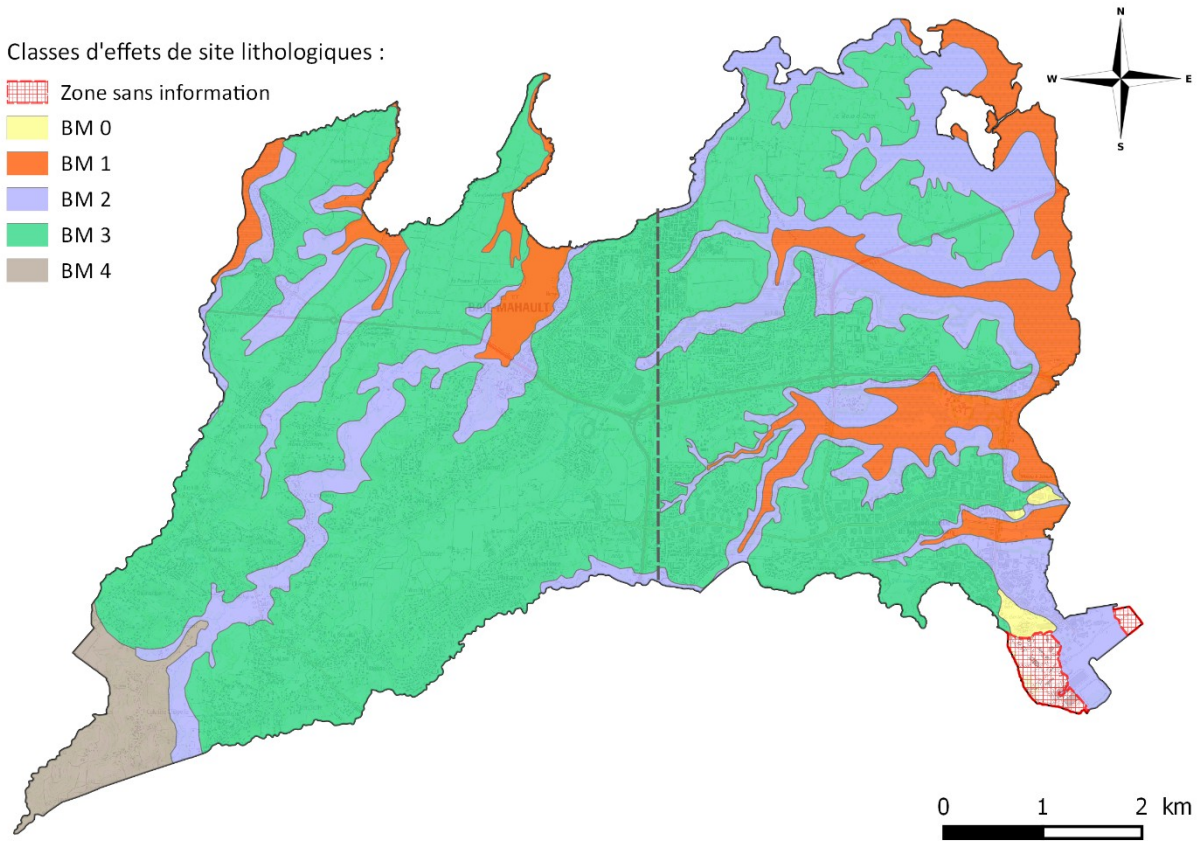

Figure 9 : Zonage spécifique des zones à effets de site lithologiques pour la commune de Baie-Mahault (modifié d'après Bertil et al., 2009 et Monge et al., 1998). Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest : Bertil et al., 2009 et Est : Monge et al., 1998).

Selon l'étude de microzonage sismique de Baie-Mahault Ouest (Bertil *et al*., 2009), le territoire communal peut être divisé en 4 classes d'effets de site lithologiques (Figure 9) :

- Classe BM0 : terrain rocheux (rencontré sur un petit secteur de la zone industrielle de Jarry) ;
- Classe BM1 : mangroves ;
- Classe BM2 : alluvions de rivières et terrasses fluviatiles ;
- Classe BM3 : complexe volcanique[3] Centre ;
- Classe BM4 : complexe volcanique Ouest.

Les contours des zones entre Baie-Mahault Ouest (microzonage sismique de Bertil *et al*., 2009) et Baie-Mahault Est (microzonage de Monge *et al*., 1998) ont été mis en continuité. La limite est matérialisée par le trait discontinu sur la Figure 9. La description géologique des formations présentes, ainsi que la comparaison des fréquences de résonance disponibles, appuient l'idée d'une continuité du zonage sismique de part et d'autre de cette limite.

3Le terme « complexe volcanique » désigne un mélange de produits d'érosion (conglomérats, tuffites,…) issus des reliefs de la Basse-Terre et des formations volcaniques primaires (cendres, dépôts pyroclastiques,…).

Présence de zones sans information

La Pointe Jarry est une zone industrielle construite sur des terre-pleins gagnés sur la mer et sur la mangrove. Par conséquent, l'extension de Jarry au cours des années, a permis à la commune d'augmenter son territoire. La Figure 10 montre deux zones « nouvelles » incluses dans le territoire actuel de Baie-Mahault, mais qui étaient hors des limites communales définies dans les années 90.

Ces zones représentent une superficie de 34 et de 5 hectares dans des terrains constitués de remaniements anthropiques. Ne disposant pas d'information quant à la réponse sismique de ces formations, ni à leur potentialité de liquéfier, ces deux zones sont exclues du présent Plan de Prévention des Risques sismiques.

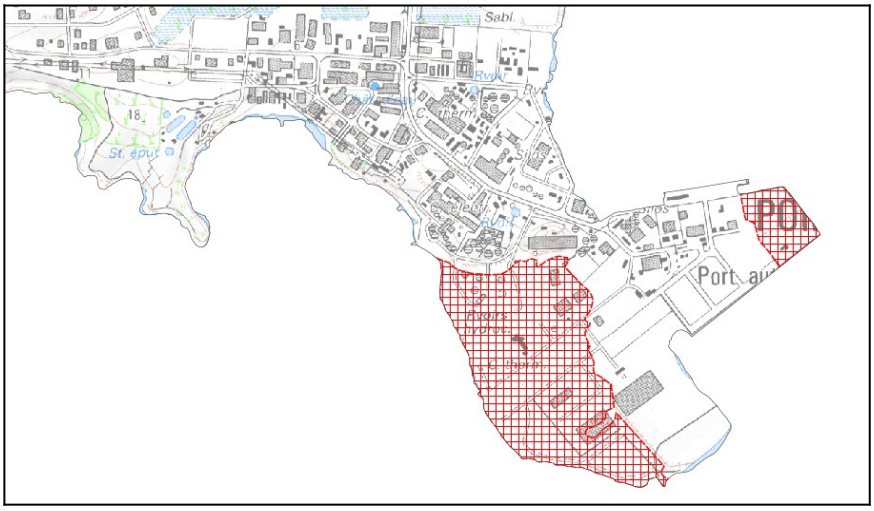

Figure 10 : Zoom sur les zones d'extension de la Pointe Jarry. En quadrillé rouge les secteurs non couverts par le PPRS de la commune de Baie-Mahault.

Spectres de réponse élastiques associés aux classes de sols BM1 à BM4

Les spectres de réponse élastiques sont définis en respectant la définition des formes spectrales telle que préconisée dans les EC8 (Figure 11). 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 :

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

Pour $T_B \leq T \leq T_C$, $S_E(T) = RM$;

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

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

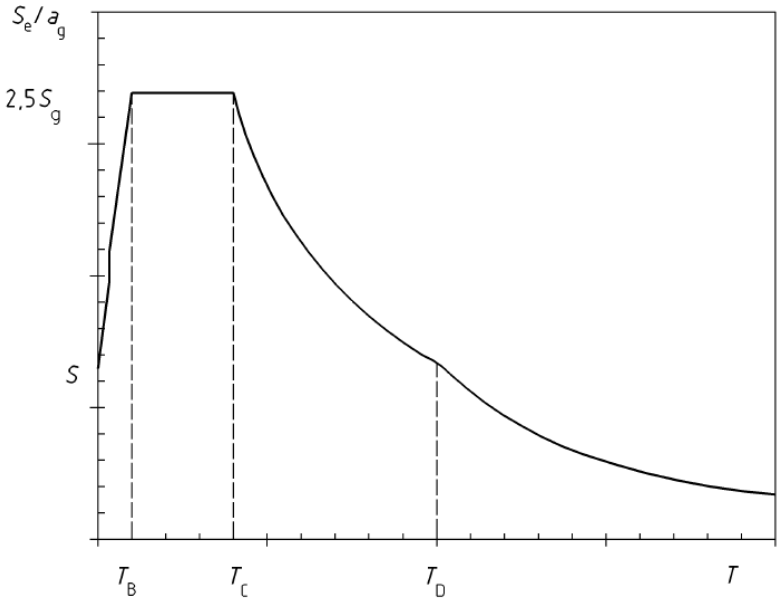

Figure 11 : Forme du spectre de réponse élastique en accélération d'après la norme parasismique EC8 référencée NF EN 1998-1.

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.

Des comparaisons ont été effectuées (Figure 12) entre les spectres de réponse élastiques définis au cours des études de Baie-Mahault Ouest (2009) et de Baie-Mahault Est (1998).

Il apparait difficile d'identifier des correspondances nettes en termes de réponse sismique pour ces classes d'effets de site. Les spectres proposés en 2009 sont globalement plus pénalisants que ceux proposés en 1998.

- Cela est particulièrement net pour les zones de mangroves BM1, avec un spectre plus pénalisant sur la gamme des courtes périodes (de 0,15 à 1,2 s). Hormis l'amélioration des techniques de caractérisation du sous-sol depuis les années 90, cette différence est également à porter aux natures différentes de substratum en place sur la commune : calcaire à l'Est et volcano-sédimentaire altéré à l'Ouest.
- Pour les altérites (dénommé complexe volcanique) BM3, on constate un spectre plus pénalisant pour le microzonage réalisé à Baie-Mahault Ouest (Bertil et al., 2009), pour les périodes comprises entre 0,3 s et 2 s. Ces observations sont aussi dues à des natures différentes de substratum.
- Pour les zones d'alluvions BM2, les deux formes spectrales se rapprochent et pourraient être considérées comme semblables.
- La classe BM4 n'est présente que sur Baie-Mahault Ouest (Bertil et al., 2009).

Compte tenu des évolutions des connaissances depuis les années 90, autant au niveau de l'acquisition des données de terrain, que la connaissance de l'aléa sismique régional, et des méthodes récentes de simulation de la réponse sismique des sols, il n'est raisonnablement pas recommandé d'utiliser des spectres de réponse élastiques constitués il y a 25 ans. Il serait nécessaire d'envisager une analyse actualisée des données d'aléa sismique local sur la moitié Est de Baie-Mahault. Dans le cadre du règlement du PPRS, la distinction entre Baie-Mahault Est et Ouest n'existe plus, et un seul spectre est associé à chaque classe de sol.

Pour caractériser la réponse sismique des classes d'effets de site lithologiques dans le cadre de ce PPRS, nous privilégions l'utilisation des spectres issus de l'étude de Bertil *et al.* (2009) :

- sur la moitié Ouest du territoire de la commune de Baie-Mahault,

- sur la moitié Est du territoire de la commune de Baie-Mahault, mais uniquement aux basses périodes, comprises entre 0 et 1 seconde.

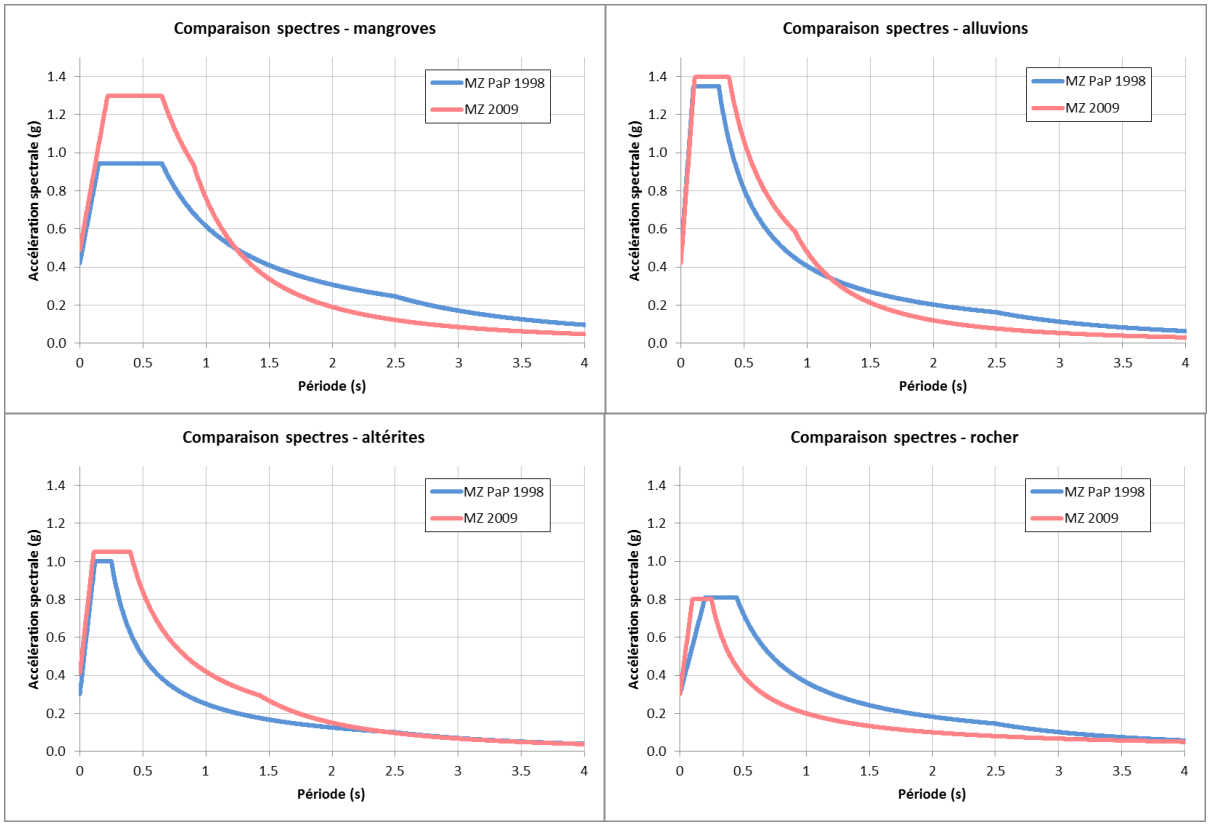

Figure 12 : Comparaison pour les classes BM1-mangroves, BM2-alluvions, BM3-altérites et BM0-rocher, entre les spectres de réponse issus de l'étude de 2009 (Baie-Mahault Ouest) et les spectres de réponse issus de l'étude de 1998 (Baie-Mahault Est).

Spectre de réponse élastique associé au rocher BM0

Dans le cadre du microzonage de Baie-Mahault Est (Monge *et al.*, 1998), un spectre de réponse élastiques au rocher caractérisant les séismes lointains de subduction avait été utilisé pour la modélisation de la réponse sismique des sols.

Dans toutes les études récentes d'aléa sismique régional aux Antilles, et donc en 2009 (Bertil *et al.*, 2009), le mouvement sismique de référence au rocher a été déterminé à partir d'une démarche probabiliste, où les sources les plus contributives à l'aléa sismique sont estimées à partir de la désagrégation de l'aléa sismique pour une période de retour de 475 ans. Cette démarche respecte les préconisations du guide de réalisation des PPR sismiques (Fabriol et Garry, 2002).

Les deux formes spectrales sont plotées sur la Figure 12, et c'est le spectre au rocher BM0 issu de l'étude la plus récente pour Baie-Mahault Ouest qui est retenu dans le cadre de ce PPRS.

Les spectres spécifiques correspondant aux 5 classes d'effets de site lithologiques identifiés sur la commune de Baie-Mahault, sont représentés sur la Figure 13. Le Tableau 8 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 de Baie-Mahault sont définies dans le paragraphe 4.4.5.

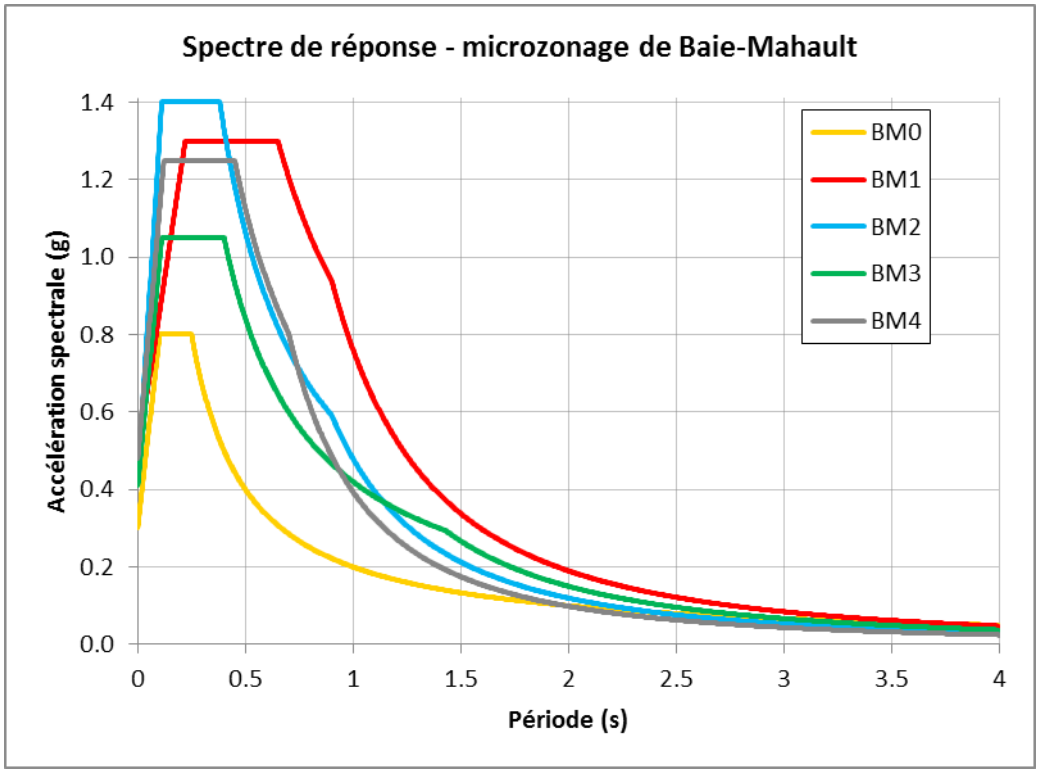

Figure 13 : Spectres de réponse spécifiques proposés pour les différentes classes d'effets de site lithologiques de la commune de Baie-Mahault (d'après Bertil et al., 2009).

Classes de sol	RA (g)	RM (g)	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)	Classe de sols (EC8)
BM0	0,30	0,8	0,10	0,25	4,0	A
BM1	0,49	1,3	0,22	0,65	0,9	D
BM2	0,42	1,4	0,11	0,38	0,9	C
BM3	0,41	1,05	0,11	0,40	1,43	C
BM4	0,48	1,25	0,12	0,45	0,7	C

Tableau 8 : Paramètres des spectres de réponse élastiques par classe d'effets de site lithologiques pour la commune de Baie-Mahault (d'après Bertil et al., 2009).

Le Tableau 8 fournit également la correspondance entre les classes de sols du microzonage sismique et les classes de sols courantes au sens des EC8 (Tableau 7). La comparaison des spectres spécifiques avec les spectres réglementaires est présentée sur la Figure 12. Pour les zones à effets de site lithologiques (Classes BM1 à BM4), le spectre spécifique est plus pénalisant que les spectres EC8 aux courtes périodes (inférieures à 0,6-0,8 s). Au contraire, le spectre spécifique est moins pénalisant que les spectres EC8 pour les plus longues périodes. La Figure 12 montre aussi que le spectre spécifique proposé pour la zone ne présentant pas d'effet de site lithologique, BM0, est moins pénalisant que le spectre préconisé dans la réglementation sur une large gamme de fréquences (entre 0,3 et 2,5 s).

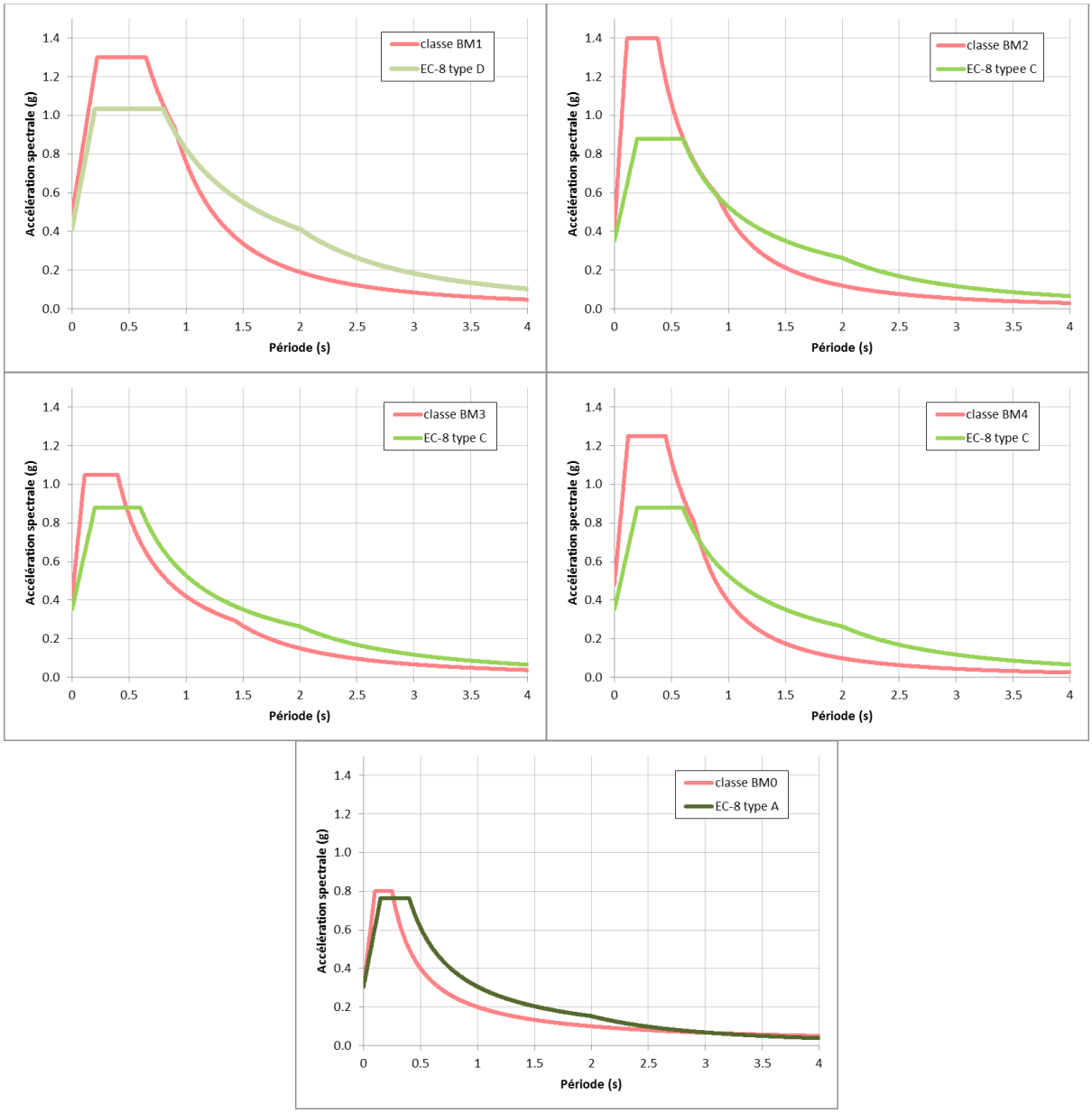

Figure 14 : Comparaison entre les spectres spécifiques et les spectres EC-8, pour les cinq classes à effets de site lithologiques sur la commune de Baie-Mahault.

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.

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.

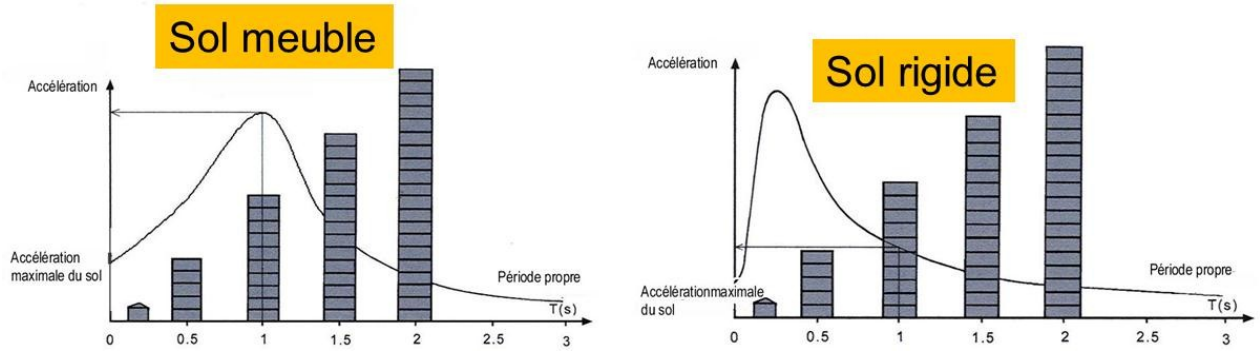

Figure 15 : Superposition schématisée entre spectre de réponse des sols et période de résonance de bâtiment.

La Figure 15 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.

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 (4 niveaux : nul, faible à moyen, moyen à fort et fort) pour les classes de sol rencontrées sur la commune de Baie-Mahault est donnée sur le Tableau 9 . 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 de la classe BM2. Sur les sols de classe BM1, 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 des classes BM1 à BM4.

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 (3 niveaux : faible à moyenne, moyenne à bonne et bonne) est donnée dans le Tableau 9. Cette qualification repose sur différents 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
BM0	Rocher	faible à moyen	faible à moyen	bonne
BM1	Mangroves	moyen à fort	fort	faible à moyenne
BM2	Alluvions et terrasses fluviatiles	fort	moyen à fort	faible à moyenne
BM3	Complexe volcanique Centre	moyen à fort	moyen à fort	moyenne à bonne
BM4	Complexe volcanique Ouest	moyen à fort	moyen à fort	moyenne à bonne

Tableau 9 : Qualification des formations rencontrées sur le territoire de Baie-Mahault, 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 10.

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 10 : 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 aléas 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 nul « effet de site lithologique » : la classe BM0 ;
- en aléa faible « effet de site lithologique » : les classes de sols BM3 et BM4 ;
- en aléa moyen « effet de site lithologique » : les classes de sols BM1 et BM2.

Et de constituer ainsi la carte d'aléa effet de site lithologique pour la commune de Baie-Mahault (Figure 16).

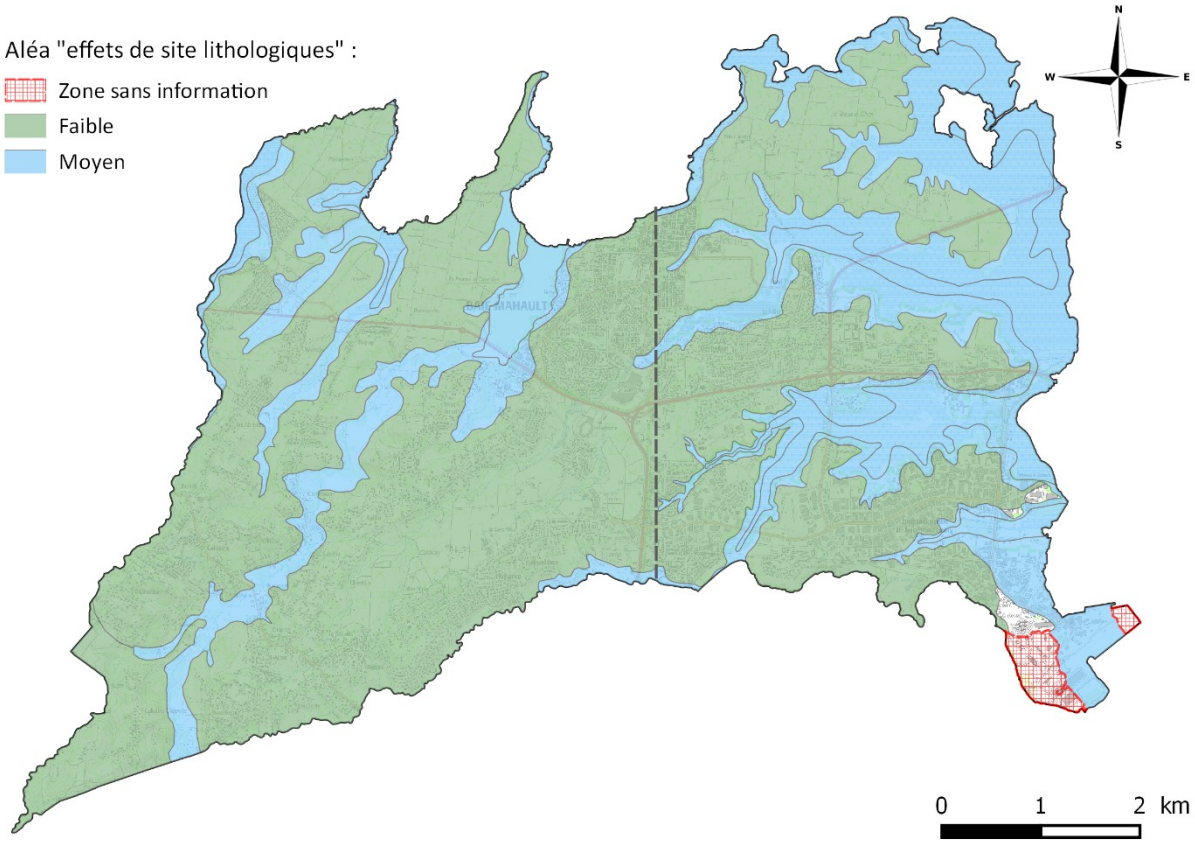

Figure 16 : Aléa « effet de site lithologique » identifié sur la commune de Baie-Mahault. Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest Bertil et al., 2009 et Est Monge et al., 1998).

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 13). Par ailleurs, les prescriptions sont modulées en fonction de la catégorie d'importance des bâtiments (Erreur : source de la référence non trouvée) et en fonction du niveau d'aléa « effet de site lithologique » (Figure 16).

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

Pour les autres bâtiments de catégorie d'importance II soumis à la norme NF EN-1998 (hauteur > 8 m, niveaux > 2, etc.) et pour les bâtiments de catégorie d'importance III, les spectres forfaitaires de la norme sont remplacés par les spectres spécifiques issus du microzonage (Bertil et al, 2009), et transcrits dans le règlement du PPRS. Pour toute construction de catégorie d'importance III projetée sur Baie-Mahault Ouest et pour toute construction de catégorie d'importance III de hauteur inférieure à 28 m projetée sur Baie-Mahault Est, les spectres de réponse spécifiques BM0 à BM4 pourront être utilisés. En particulier, ces spectres sont à utiliser aussi bien pour les zones ne présentant pas d'effets de site lithologiques (terrain rocheux BM0) que pour celles avec effets de site lithologiques.

<table>
<tr><th rowspan="3">Niveau d'aléa « effet de site lithologique »</th><th colspan="5">Catégorie d'importance du bâtiment</th></tr>
<tr><th rowspan="2">I</th><th colspan="2">II</th><th rowspan="2">III</th><th colspan="2">IV</th></tr>
<tr><th>maisons individuelles</th><th>autres</th><th>hors bâts sur isolateurs</th><th>bâts sur isolateurs</th></tr>
<tr><td>Faible</td><td>-</td><td>CP-MI Antilles ou spectre spécifique du PPRS</td><td colspan="2">spectre spécifique du PPRS</td><td>spectre spécifique du PPRS</td><td rowspan="2">spectre spécifique au site* (étude géotechnique et étude sismique)</td></tr>
<tr><td>Moyen</td><td>-</td><td>CP-MI Antilles ou spectre spécifique du PPRS

étude géotechnique G2-AVP recommandée</td><td colspan="2">spectre spécifique du PPRS

étude géotechnique G2 (AVP, PRO) obligatoire</td><td>spectre spécifique du PPRS

étude géotechnique G2 (AVP, PRO) obligatoire</td></tr>
</table>

* : 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 11 : Principe de réglementation pour les effets de site lithologiques (PPRS : Plan de Prévention des Risques Sismiques).

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).

Les bâtiments de la catégorie d'importance IV conçus sur isolateurs parasismiques, 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 du PPRS.

Tous les bâtiments implantés dans la **zone d'extension de la Pointe Jarry**, *cartographiée comme sans information sur le Plan de Zonage Réglementaire*, quelque-soit la catégorie d'importance, seront soumis aux prescriptions liées à la zone d'aléa « effet de site lithologique » moyen.

3.5. EFFETS DE SITE TOPOGRAPHIQUES

Faisant suite à l'introduction du 4.4.1, le deuxième 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.

La configuration topographique de la commune de Baie-Mahault ne présente pas de fortes pentes sur des dénivelées importantes (10 m ou plus). Par conséquent, **le phénomène d'effet de site topographique est supposé négligeable et n'est pas pris en compte dans le PPRS de Baie-Mahault.**

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.

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.

Source : Laurence Barret

Figure 17 : Illustration du phénomène de liquéfaction des sols (source : Laurence Barret)

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 fournit 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

Comme indiqué précédemment, la particularité de la commune de Baie-Mahault est qu'elle a fait l'objet de deux études de microzonages sismiques séparées d'une vingtaine d'années : la moitié Est de Baie-Mahault en 1998 (Monge *et al*., 1998) et la moitié Ouest en 2009 (Bertil *et al*., 2009).

La potentialité à la liquéfaction a été évaluée sur l'ensemble du territoire communal, à partir de la carte géologique et de l'analyse de sondages et d'essais géotechniques lorsqu'ils étaient disponibles fournissant des indications sur les paramètres d'identification des formations géologiques liquéfiables (granulométrie, teneur en eau, limites d'Atterberg). Ces travaux ont été réalisés dans le cadre de l'Atlas Communal des Risques Naturels, commune de Baie-Mahault (Terrier *et al*., 1993). Deux zones ont été délimitées sur les cartes d'aléa de 1993 (moitié Est de la Figure 18) :

1) Les zones où existent des formations liquéfiables (LQ) : il s'agit de zones où l'on a la quasi-certitude que ces phénomènes se produiront lors d'un séisme de magnitude importante (soit parce qu'elles se sont déjà liquéfiées dans le passé, soit parce qu'elles

renferment des formations liquéfiables affleurantes ou identifiées par sondage). Un niveau d'aléa liquéfaction fort a été retenu pour ces zones.

2) Les zones où peuvent exister des formations liquéfiables (PLQ) : il s'agit de zones où le mode de mise en place de matériaux peut laisser penser que le sous-sol renferme de telles formations. Un niveau d'aléa liquéfaction moyen a été retenu pour ces zones.

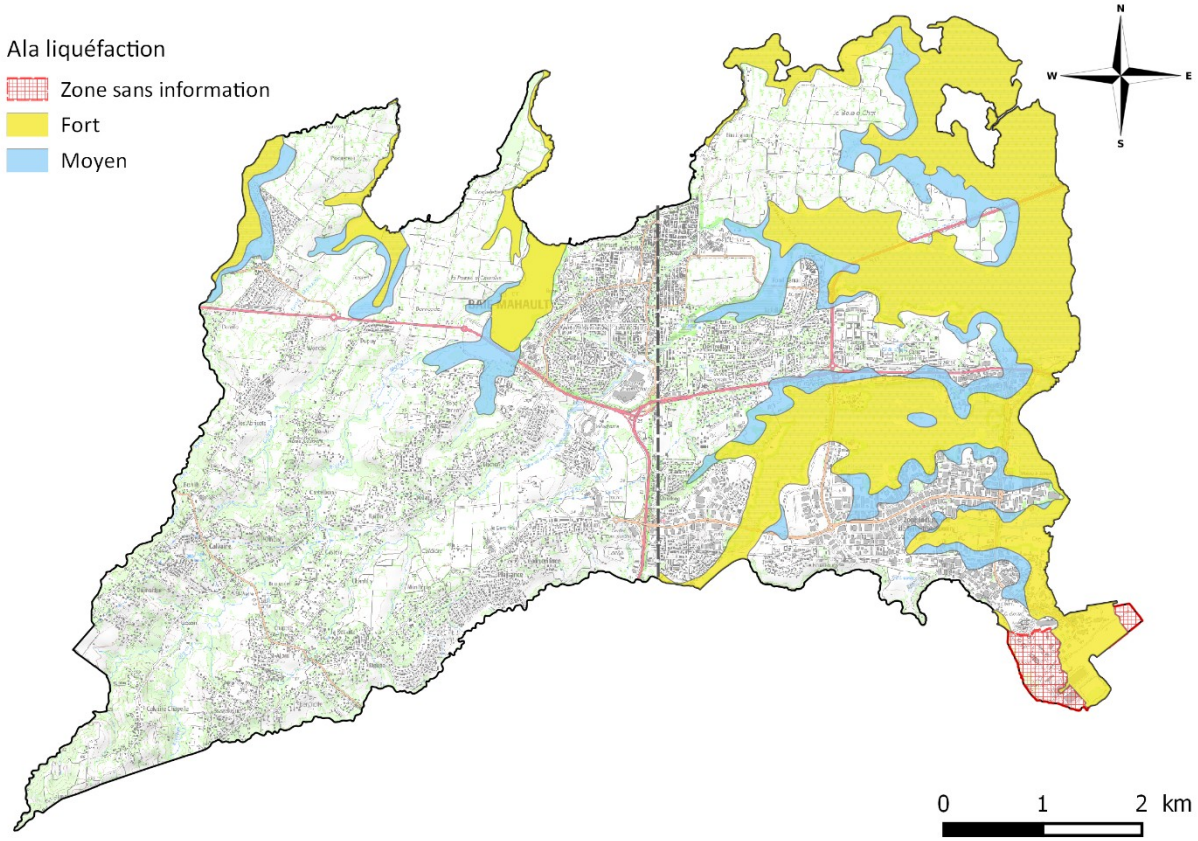

Figure 18 : Cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune de Baie-Mahault. Le trait pointillé matérialise la limite entre les deux études de microzonage (Ouest en 2009 et Est en 1998).

Par ailleurs, l'étape suivante d'évaluation de la susceptibilité qualitative, puis de la susceptibilité quantitative à la liquéfaction, a uniquement été réalisée en 2009 sur la moitié Ouest de la commune (moitié Ouest de la Figure 18). La susceptibilité qualitative a été évaluée suivant les règles PS92, à partir de paramètres d'identification des terrains. La susceptibilité quantitative a été calculée à partir des résultats d'essais *in situ* CPT. Dans l'étude de Bertil *et al*. (2009), 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.

Par ailleurs, le microzonage sismique récent sur la partie Ouest de la commune a permis de préciser, voire de modifier, les résultats de l'atlas communal. Sur certaines zones, le risque de liquéfaction a été confirmé ; sur d'autres zones, il s'est révélé plus faible que prévu. La partie amont du lit des rivières s'est par exemple révélée comme présentant une susceptibilité faible, voire très faible, alors que les atlas communaux sont plus « pessimistes » à ce niveau.

La cartographie de l'aléa liquéfaction sur la commune de Baie-Mahault est présentée sur la Figure 18. Toutes les autres zones de la commune non colorées sur la carte, présentent un aléa nul à faible. Reposant sur des critères de valeurs de l'indice I_L, la qualification de l'aléa liquéfaction sur « Baie-Mahault Ouest » peut être reprise sans modification pour l'instruction d'un PPR sismique. Par contre sur « Baie-Mahault Est », cette qualification moyen/fort, ainsi que la délimitation des contours de zones, sont manifestement à ré-analyser car réalisée selon un référentiel antérieur sans examen de l'indice I_L.

3.6.4. Principe d'application dans le PPRS

La carte de l'aléa liquéfaction (Figure 18) fait apparaître deux niveaux de qualification :

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

Sur le plan réglementaire, les secteurs identifiés comme soumis aux aléas liquéfaction moyen et fort feront l'objet de prescriptions en cas de construction sur ces terrains (Tableau 12).

Les zones classées en aléa liquéfaction fort et en aléa liquéfaction 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).

Tous les bâtiments implantés dans la **zone d'extension de la Pointe Jarry**, *cartographiée comme sans information sur le Plan de Zonage Réglementaire*, quelque-soit la catégorie d'importance, seront soumis aux prescriptions liées à la zone d'aléa liquéfaction moyen / fort.

Niveau d'aléa liquéfaction	**Catégorie d'importance du bâtiment**			
	I	**II**	**III**	**IV**
Moyen / Fort	-	une étude G2-AVP suivie d'une G2-PRO		

Tableau 12 : Principe de réglementation pour la liquéfaction.

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 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 par exemple 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 aussi bien les effets de site lithologiques que les effets induits par exemple la liquéfaction.

Aléa Faible : Les risques de dommages y sont limités. Ce niveau concerne également les phénomènes induits 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 DE BAIE-MAHAULT

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

Phénomène naturel	Niveau d'aléa	Niveau de contrainte	Zone	Indices
rupture de faille	aléa nul	courante		
effets de site lithologique	aléa nul (BM0)	faible	beige	e
	aléa faible (BM3, BM4)	faible	beige	e
	aléa moyen (BM1, BM2)	moyenne	bleu	E
effets de site topographique	zones susceptibles	courante		
liquéfaction	aléa faible	modéré	Bleu clair	l
	aléa moyen	moyenne	bleu	L
	aléa fort	moyenne	bleu	L

Tableau 13 : Principe proposé pour la détermination des zones du plan de zonage du PPRS de la commune de Baie-Mahault.

Ainsi certains aléas ne sont pas présents sur la commune (rupture de faille, effets de site topographiques et aléa liquéfaction faible).

Par ailleurs, **les niveaux d'aléas fort et moyen pour la liquéfaction ne sont pas différenciés car les prescriptions associées ne relèvent pas d'opérations d'aménagement préalables collectives, ils donnent donc lieu à un même zonage réglementaire**.

Pour tenir compte du niveau d'aléa liquéfaction faible qui peut être présent sur d'autres communes de la Guadeloupe, il est apparu nécessaire d'introduire un niveau de prescription intermédiaire, et donc de différencier une zone bleue et une zone bleue claire. Cette configuration n'existe pas sur le territoire de Baie-Mahault ; néanmoins elle est rappelée dans le Tableau 14 qui illustre le principe général de 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
Beige	Contraintes spécifiques faibles	Zones soumises à prescriptions individuelles limitées

Tableau 14 : Les deux zones du zonage réglementaire PPRS de la commune de Baie-Mahault.

4.2.2. Le zonage réglementaire

La commune de Baie-Mahault est concernée par les aléas sismiques : 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 13 présente les règles de croisement retenues pour les aléas « 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.

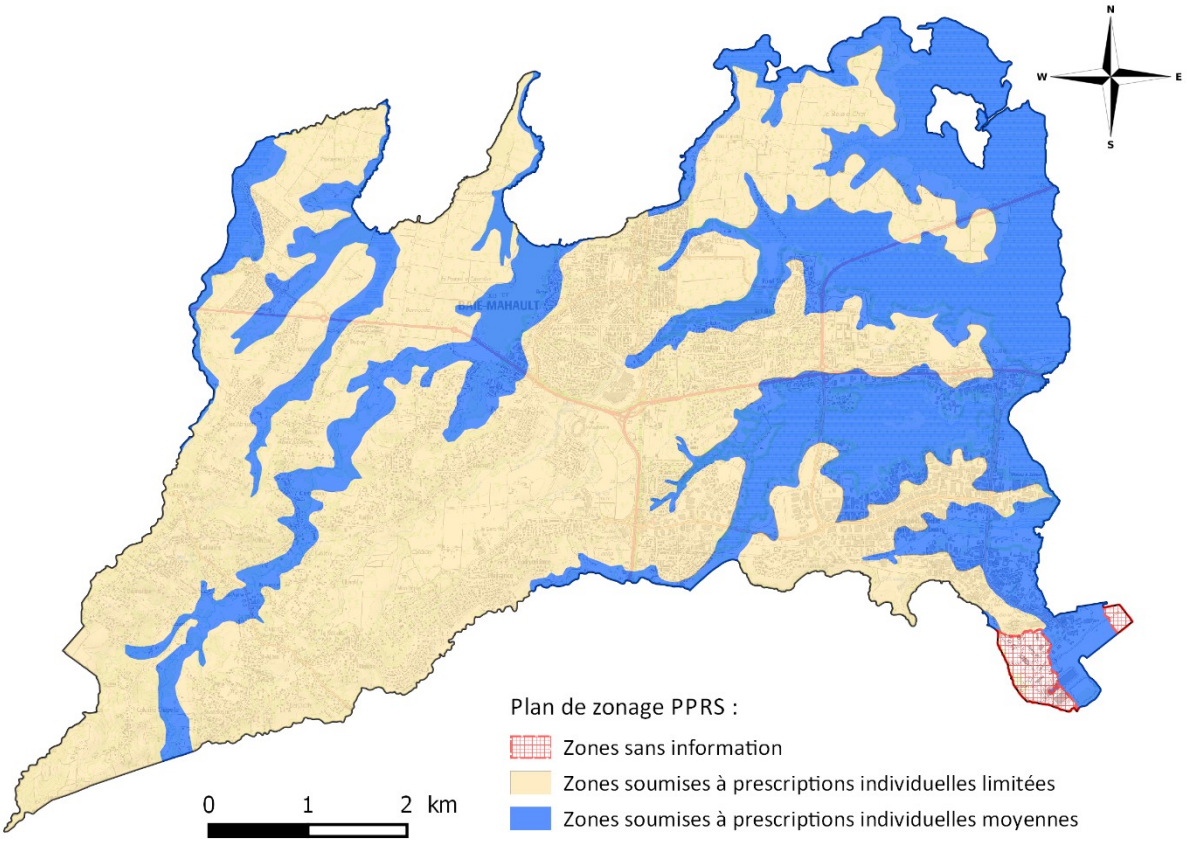

Figure 19 : Plan de zonage PPRS pour la commune de Baie-Mahault.

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

A chaque zone réglementaire (dites « bleue », « 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-64192-FR – Règlement » (Belvaux *et al*., 2020).

Le plan de zonage réglementaire pour la commune de Baie-Mahault est donné en .

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

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

4.2.4. 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 nul ou faible. Par contre, elles ne présentent pas d'aléa liquéfaction.

Ces zones seront concernées par un règlement.

Les terrains de nature rocheuse présents sur Baie-Mahault (BM0) sont cartographiés en zone beige, car ils sont caractérisés par un spectre de réponse spécifique à la classe BM0 qui se substitue à celui de la réglementation en vigueur. Ce spectre de réponse spécifique BM0 est moins pénalisant que le spectre préconisé dans la réglementation nationale (EC-8), voir Figure 14, et ce sur une large gamme de fréquences (entre 0,3 et 2,5 s).

4.2.5. Les spectres spécifiques

Le niveau d'agression sismique (accélération) 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 spectre spécifique associé à chaque zone du PPRS de la commune de Baie-Mahault est identifié partir de la carte de la Figure 9. Sur cette figure, les spectres de réponse spécifiques du règlement PPRS y sont désignés BM0, BM1, BM2, BM3 et BM4. 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 LEGISLATIFS

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 :

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

L.562-1 à L.562-9 (Chapitre II : plans de prévention des risques naturels prévisibles)

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

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 de Baie-Mahault (Guadeloupe). Règlement. BRGM/RP-64192-FR, 36 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.

Bertil D., Roullé A., Mompelat J.M., Auclair S., Bengoubou-Valérius M., Bitri A., Chauvet M., Gehl P., Imbault M., Negulescu C., Samyn K., Vanoudheusden E., Vermeersch F. (2009) – Microzonage sismique des communes de Baie-Mahault et Lamentin (Guadeloupe). Rapport BRGM/RP-57487-FR, 174 p.

Blès J.L. (1996), Étude de la faille de Houëlbourg au niveau du quartier Trioncelle à Baie-Mahault (Guadeloupe). Rapport BRGM N2360.

Combes Ph. et Carbon D. (2003) – Projet de ZAC de Trioncelle, Impact de la faille de Houelbourg sur le projet. Étude GEOTER

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

Léticée J.-L. (2008). Étude de la plate-forme carbonatée de l'avant-arc des Petites Antilles. Thèse de Doctorat, Université Antilles-Guyane, Octobre 2008.

Martin C., Chassagneux D., Dominique P. (1994) – Nouvelle méthodologie de réalisation des microzonages sismiques. Application au microzonage de Jarry-Baie-Mahault (Guadeloupe). Rapport BRGM/R 38053, 95 p.

Monge O., Vermeersch F., Martin C. (1998) – Microzonage sismique de l'agglomération pointoise : extension aux communes des Abymes et du Gosier et homogénéisation. Rapport BRGM/RP-39213-FR, 78 p.

Reynal de Saint Michel A. (1966) – Notice explicative des feuilles de Basse-Terre et des Saintes. Carte géologique du Département de la Guadeloupe, Basse Terre. 1 : 50000. Service de la carte géologique de la France.

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, 9 pages A3, 1 fig. 2 annexes. http://www2.brgm.fr/risques/antilles/guad/

Terrier M., Graillat A., Durand F., Sedan O. (1993). Atlas communal des risques naturels. Commune de Baie-Mahault. Guadeloupe. Rapport BRGM RR-37166-FR, 71 p. 40 cartes.

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.

Terrier M., & coll. J.N. Léticée, J.F. Lebrun, I. Thinon (2010) – Projet de développement du port Autonome de Guadeloupe – Expertise préalable pour la prise en compte des failles actives. Rapport BRGM/RC-58763-FR. 74 p.

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/s².

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 Evénement menaçant ou probabilité d'occurrence, dans une région et au cours d'une période données, 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 Macrosismique 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 10 % 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.

Sismicité historique Sismicité ressentie par l'homme et qui est décrite dans les textes historiques (Exemple du séisme de 1839 en Martinique).

Sismicité instrumentale Sismicité mesurée par les réseaux de surveillance. Elle n'est bien connue que depuis quelques dizaines d'années.

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).